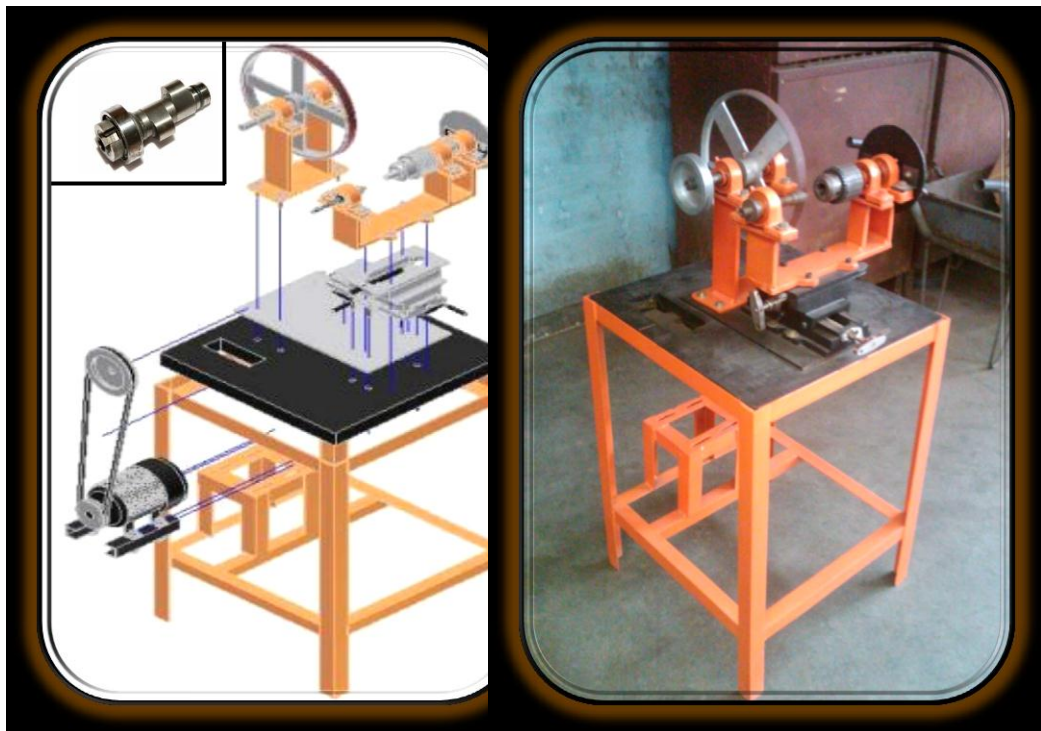




PERANCANGAN MESIN MODIFIKASI CAMSHAFT (NOKEN AS)

PROYEK AKHIR

**Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik**



**IBRAHIM HASAN
NIM. 09508134023**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
SEPTEMBER 2012**

HALAMAN PERSETUJUAN

Proyek akhir yang berjudul **“PERANCANGAN MESIN MODIFIKASI CAMSHAFT (NOKEN AS)”** ini telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing untuk diujikan



Yogyakarta, 11 September 2012

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Drs. Nurdjito, M. Pd.
NIP. 19520705 197703 1 002

HALAMAN PENGESAHAN

Proyek akhir yang berjudul “**PERANCANGAN MESIN MODIFIKASI CAMSHAFT (NOKEN AS)**“ ini telah dipertahankan didepan dewan penguji pada tanggal 25 September 2012 dan dinyatakan lulus.

DEWAN PENGUJI

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Drs. Nurdjito, M.Pd.	Ketua Penguji		16/10/2012
Dr. Mujiyono	Sekretaris Penguji		16/10/2012
Fredy Surahmanto, M.Eng	Penguji Utama		16/10/2012

Yogyakarta, Oktober 2012

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta,




Dr. Moch Bruri Triyono, M.Pd.

NIP. 19560216 198603 1 003 

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Proyek Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau gelar lainnya di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, Agustus 2012
Yang Menyatakan,

Ibrahim Hasan
NIM. 09508134023

MOTTO

“Jenius adalah 1% inspirasi dan 99% keringat”

(Thomas Alfa Edison)

“Kejarlah Ilmu hingga ke negeri cina”

“Allah tidak akan memberikan beban kepada seseorang melainkan sesuai dengan kemampuannya.” (Q.S. Al Baqarah: 286)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karya tulis ini kupersembahkan untuk :

- ❖ Ibu dan Bapak tercinta yang telah melimpahkan curahan kasih sayang, bimbingan, dukungan moral, material dan doa serta cinta yang tak ternilai harganya.
- ❖ Kakak dan adiku tercinta yang selalu memberikan dukungan dan semangat saat suka maupun duka.
- ❖ Seluruh Mahasiswa Jurusan Pendidikan Teknik Mesin UNY angkatan 2009.
- ❖ Almamater Universitas Negeri Yogyakarta.

ABSTRAK

PERANCANGAN MESIN MODIFIKASI CAMSHAFT

Oleh:

Ibrahim Hasan

NIM. 09508134023

Tujuan tugas akhir ini adalah merancang mesin modifikasi *camshaft*. Mesin ini digunakan untuk memodifikasi *camshaft* standar menjadi *camshaft racing* yang berkapasitas 100cc-250cc. Mesin ini mampu menghasilkan 1 *camshaft racing*/jam.

Proses perancangan mesin dilakukan dengan tahapan yaitu menganalisis kebutuhan, mendefinisikan proyek dan daftar persyaratan, menjabarkan perancangan konsep produk, kemudian merancang produk, dan terakhir mendokumentasikan produk dalam bentuk gambar desain mesin. Tenaga penggerak mesin direncanakan menggunakan motor listrik yang disesuaikan dengan kemampuan daya listrik untuk bengkel kecil sampai menengah yang diperkirakan rata-rata berkisar antara 900 sampai 1300 watt.

Hasil tugas akhir ini menghasilkan desain dan gambar kerja produk mesin modifikasi *camshaft* meliputi gambar poros, gambarudukan *camshaft* dan kedudukan puli, gambar rangka mesin, dan gambar sistem transmisi. Sumber penggerak mesin adalah motor listrik AC 1 HP (± 750 watt). Mesin modifikasi *camshaft* yang dihasilkan memiliki konstruksi yang kuat dan ergonomis berdimensi panjang x lebar x tinggi yaitu 500x500x1350 mm dengan rangka baja profil L 40x40x3 mm. Sistem transmisi menggunakan komponen *V-belt*, dan puli 3" dan 6". Komponen pada sistem pengamplasan menggunakan poros berbahan St 37, kedudukan *camshaft* dan kedudukan puli menggunakan bahan St 34, meja mesin menggunakan kayu. Taksiran harga pokok produk mesin yang ditawarkan adalah Rp. 3.760.000,-.

Kata kunci: perancangan, mesin modifikasi *camshaft*, *camshaft*

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan inayah-Nya sehingga penulis bisa melaksanakan tahap demi tahap mulai dari pembuatan proposal, pelaksanaan kegiatan hingga penulisan laporan pelaksanaan kegiatan Proyek Akhir (PA) dengan judul “Perancangan Mesin Modifikasi *Camshaft* (Noken As)” ini dengan lancar tanpa ada suatu halangan yang berarti. Laporan ini dibuat sebagai pertanggungjawaban atas karya Proyek Akhir yang telah dibuat guna memenuhi persyaratan memperoleh gelar Ahli Madya di Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

Terselesaikannya laporan ini tidak terlepas dari bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini, diucapkan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Bapak Dr. Mochamad Bruri Triyono, M.Pd selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Wagiran, M.Pd selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Bapak Asnawi, M.Pd selaku Dosen Pembimbing Akademik.
4. Bapak Drs. Nurdjito, M.Pd selaku Dosen Pembimbing Proyek Akhir yang telah memberikan masukan dan bimbingan dalam penyelesaian Proyek Akhir.

5. Bapak Jarwo Puspito, M.Pd selaku dosen bengkel yang telah memberikan motivasi dan semangat.
6. Rekan-rekan seperjuangan-ku dalam membuat Proyek Akhir (Eko, Akbar, Abas, Ilham) terima kasih atas kerjasamanya.
7. Rekan-rekan kelas D angkatan 2009, terimakasih atas kebersamaan kita
8. Ibu tercintai, terima kasih yang tak terhingga atas do'a dan restunya.
9. Sahabat-sahabatku yang tidak mungkin saya tuliskan semua disini, terima kasih atas kerjasamanya selama ini.

Penulis menyadari laporan Proyek Akhir ini masih banyak kekurangan, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif demi kesempurnaan laporan ini. Akhirnya penulis berharap semoga laporan ini dapat menambah khasanah ilmu pengetahuan dan teknologi yang pada akhirnya dapat digunakan sebagai sarana untuk kemajuan bersama. Amien.

Yogyakarta, Agustus 2012

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
 BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan	6
F. Manfaat	6
G. Keaslian Produk	7
 BAB II. PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH	
A. Kajian tentang Mesin Modifikasi <i>Camshaft</i>	8
1. Bahan <i>Camshaft</i>	8
2. Tuntutan Mesin Modifikasi <i>Camshaft</i> dari Calon Pengguna	9
3. Analisis Kebutuhan	11
4. Analisis Morfologi Mesin Modifikasi <i>Camshaft</i>	13
5. Gambaran Mesin Modifikasi <i>Camshaft</i>	17
B. Kajian Singkat tentang Karakteristik Bahan	18

1. Besi dan Baja	18
2. Sifat Mekanis Logam	23
3. Faktor Keamanan	29
C. Perhitungan Poros	30
D. Perancangan Sabuk-V sebagai Transmisi Daya	33
E. Analisis Ekonomi	37

BAB III. KONSEP PERANCANGAN

A. Diagram Alir Proses Perancangan	43
1. Definisi proyek dan daftar persyaratan	45
2. Perancangan Konsep Produk	45
3. Perancangan Produk	45
4. Dokumen Untuk Pembuatan Produk.....	46
B. Pernyataan Kebutuhan	46
C. Analisis Kebutuhan	47
1. Pernyataan	47
2. Spesifikasi Tenaga Penggerak	47
3. Standar Penampilan	48
F. Pertimbangan Perancangan	48
1. Pertimbangan Teknis	48
2. Pertimbangan Ekonomis	48
3. Pertimbangan Ergonomis	49
4. Pertimbangan Lingkungan	49
5. Pertimbangan Keselamatan Kerja	50
G. Tuntutan Perancangan	50
1. Tuntutan Konstruksi.....	50
2. Tuntutan Ekonomi	50
3. Tuntutan Fungsi	51
4. Tuntutan Pengoperasian	51
5. Tuntutan Keamanan	51
6. Tuntutan Ergonomis	51

BAB IV. PROSES, HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Desain dan Gambar Teknologi Mesin Modifikasi <i>Camshaft</i>	52
1. Desain Konstruksi Mesin Modifikasi <i>Camshaft</i>	52
2. Gambar Kerja Kontruksi Mesin Modifikasi <i>Camshaft</i>	52
B. Analisa Teknik	53
1. Perancangan Sistem Transmisi	53
2. Analisis Torsi Poros	54
3. Analisis Kebutuhan Daya Motor Penggerak	56
4. Analisis Torsi Penggerak	56
5. Perhitungan Poros Transmisi	58
6. Perancangan dan Pemilihan Sabuk V (<i>V-Belt</i>)	69
7. Analisis pada Konstruksi Dudukan <i>Camshaft</i>	73
8. Analisis pada Konstruksi Dudukan Puly	78
9. Analisis Konstruksi Rangka Mesin	80
C. Perhitungan Harga Pokok Produk	89
D. Kelemahan – Kelemahan	92
E. Tabel Perbandingan Mesin yang Sebelumnya dengan Mesin yang Baru	93

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	94
B. Saran	95

DAFTAR PUSTAKA	96
----------------------	----

LAMPIRAN	98
----------------	----

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. <i>Tune Lobe Separation Angle</i>	2
Gambar 2. Gambaran Mesin Modifikasi <i>Camshaft</i>	17
Gambar 3. Gaya Aksial yang Bekerja pada Plat	24
Gambar 4. Analisis Tegangan Torsi	25
Gambar 5. Batang Torsi dengan Penampang Persegi	27
Gambar 6. Penampang <i>V-Belt</i>	34
Gambar 7. Diagram Alir Perancangan Mesin Modifikasi <i>Camshaft</i>	44
Gambar 8. Diagram Alir Perhitungan Poros	58
Gambar 9. Model Diagram Analisis Poros Transmisi	64
Gambar 10. Model Diagram untuk Perhitungan Poros Transmisi	65
Gambar 11. Defleksi yang Terjadi Pada Model Konstruksi Poros Transmisi	66
Gambar 12. Model Diagram Analisis Poros <i>Drill Chuck</i>	67
Gambar 13. Model Diagram Untuk Perhitungan Poros <i>Drill Chuck</i>	67
Gambar 14. Defleksi yang Terjadi Pada Model Konstruksi Poros <i>Drill Chuck</i>	68
Gambar 15. Diagram Alir Untuk Memilih Sabuk- V	69
Gambar 16. Dudukan <i>Camshaft</i>	73
Gambar 17. Ketebalan Dudukkan <i>Camshaft</i>	76
Gambar 18. Defleksi yang Terjadi pada Dudukan <i>Camshaft</i>	77
Gambar 19. Dudukan Puly Mesin Modifikasi <i>Camshaft</i>	78
Gambar 20. Defleksi yang Terjadi pada Dudukan Puly	79

Gambar 21. Konstruksi Rangka Mesin Modifikasi <i>Camshaft</i>	81
Gambar 22. Konstruksi Rangka Mesin dan Beban yang Bekerja	83
Gambar 23. Batang-Batang pada Rangka yang Menerima Beban Kritis	84
Gambar 24. Defleksi yang Terjadi pada Batang 7a	87
Gambar 25. Defleksi yang Terjadi pada Batang 7b1	88
Gambar 26. Defleksi yang Terjadi pada Batang 7b2	89

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. <i>Requirement Properties</i> dan Kisaran Nilai	9
Tabel 2. Spesifikasi Mesin Modifikasi <i>Camshaft</i>	15
Tabel 3. Matrik Morfologi Mesin Modifikasi <i>Camshaft</i>	16
Tabel 4. Senyawa Besi Berupa Besi dan Kandungannya	19
Tabel 5. Jenis-Jenis Baja Kabon	21
Tabel 6. Faktor Keamanan Berdasarkan Tegangan Luluh	30
Tabel 7. Perbandingan Rasio Putaran Transmisi Mesin Modifikasi <i>Camshaft</i>	53
Tabel 8. Harga Kekerasan <i>Vickers</i> Pada Bahan Poros	60
Tabel 9. Harga Kekerasan <i>Vickers</i> pada Bahan Dudukan <i>Camshaft</i>	74
Tabel 10. Data Hasil Analisis Dudukan <i>Camshaft</i>	77
Tabel 11. Data Hasil Analisis Dudukan Puly	79
Tabel 12. Harga Kekerasan <i>Vickers</i> pada Bahan Profil Baja Siku Rangka	82
Tabel 13. Data Hasil Analisis Batang 7a	86
Tabel 14. Data Hasil Analisis Batang 7b1	87
Tabel 15. Data Hasil Analisis Batang 7b2	88
Tabel 16. Biaya Desain Mesin Modifikasi <i>Camshaft</i>	90
Tabel 17. Biaya Pembelian Komponen Mesin Modifikasi <i>Camshaft</i>	90
Tabel 18. Biaya Pembuatan Mesin Modifikasi <i>Camshaft</i>	91
Tabel 19. Biaya Non Produksi	91
Tabel 20. Perencanaan Laba Produksi	91
Tabel 21. Taksiran Harga Produk	92

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi <i>Camshaft</i>	99
Lampiran 2. Tabel Baja Konstruksi Umum Menurut DIN 17100	140
Lampiran 3. Modulus <i>Elastisitas</i> Bahan dan Angka <i>Possion</i>	141
Lampiran 4. <i>Hardness Conversion Table</i>	142
Lampiran 5. Faktor Koreksi	143
Lampiran 6. Faktor-faktor Koreksi Daya yang Akan Ditransmisikan	144
Lampiran 7. Batas Defleksi	144
Lampiran 8. Diameter Minimum Puli yang Diizinkan dan Dianjurkan	144
Lampiran 9. Panjang Sabuk-V Standar	145
Lampiran 10. Faktor Koreksi K_{θ}	146
Lampiran 11. Daerah Penyetelan Jarak Sumbu Poros	146
Lampiran 12. Cara Menyatakan Konfigurasi Permukaan Dalam Gambar	147
Lampiran 13. Nilai Kekerasan dan Tingkat Kekasaran Menurut ISO	148
Lampiran 14. Toleransi Umum untuk Ukuran Linier	148
Lampiran 15. Suaian untuk Tujuan-Tujuan Umum	149
Lampiran 16. Jenis-jenis Suaian yang Dapat Dipilih	150
Lampiran 17. Tabel Nilai Penyimpangan Lubang Untuk Tujuan Umum	151
Lampiran 18. Tabel Nilai Penyimpangan Poros Untuk Tujuan Umum	153
Lampiran 19. Tanda-tanda Gambar Dalam Pengelasan	155
Lampiran 20. Lambang-lambang dari Diagram Alir	157
Lampiran 21. <i>Work Preparation</i> (WP)	158

Lampiran 22. Presensi Proyek Akhir	171
Lampiran 23. Kartu Bimbingan Proyek Akhir	172

BAB I

IDENTIFIKASI KEBUTUHAN

A. Latar Belakang Masalah

Perkembangan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia sekarang ini mengalami peningkatan yang cukup tinggi. Ini terlihat dari data yang dikeluarkan oleh BPS yang bekerja sama dengan POLRI dimana jumlah kendaraan bermotor bertambah setiap tahunnya. Dibandingkan dengan kendaraan bermotor yang lain, sepeda motorlah yang mengalami peningkatan jumlah yang paling signifikan, setiap tahunnya bertambah 5-8 juta sepeda motor atau sekitar 15%. Ini karena sepeda motor merupakan kendaraan bermotor yang mempunyai nilai ekonomis yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan yang lain. Sepeda motor adalah kendaraan yang terbentuk oleh beberapa komponen penyusun, salah satunya yaitu *camshaft*.

Camshaft atau yang disebut juga dengan noken as adalah komponen penting pada motor 4 tak yang berfungsi mengatur sirkulasi bahan bakar dan udara yang masuk ke ruang bakar maupun mengatur gas hasil pembakaran keluar dari ruang bakar. *Camshaft* di desain berdasarkan 4 hal :

1. Durasi

Adalah waktu buka-tutup katup dalam 1 siklus kerja yang dihitung berdasarkan perubahan posisi poros engkol yang diukur dalam bentuk derajat. Berdasar riset, besar kecil durasi ideal *camshaft* ditentukan oleh karakter jalanan dan besarnya volume silinder.

2. *Lift*

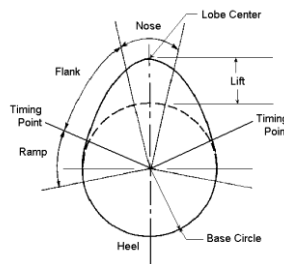
Adalah tinggi angkatan katup dihitung dari posisi katup menutup sempurna sampai dengan posisi katup membuka *full* sempurna. Selisih dari hal tersebut adalah *lift* katup. Besar kecil *lift* katup ditentukan oleh diameter katup (0,32 dari D katup), perbandingan *rocker arm*, kualitas bahan katup dan pegas katup

3. Profil

Adalah bentuk dari *camshaft*, yang membedakan antara *camshaft* satu dengan yang lainnya adalah dilihat dari *flank* dan *nose*. Meskipun durasi dan *lift* sama belum tentu karakter *camshaft*nya sama juga.

4. *Lobe separation angle* (LSA)

Adalah jarak titik puncak tonjolan antara *cam in* dan *cam out* yang diterjemahkan dalam bentuk sudut derajat poros engkol. Hal ini berhubungan dengan sudut *overlapping camshaft* motor. Dari riset yang dilakukan, LSA sangat mempengaruhi karakter mesin motor yang dihasilkan. Semakin kecil LSA *power band* yang dihasilkan mesin semakin sempit dan *peak power* terjadi pada rpm tinggi. Begitu juga sebaliknya dengan LSA besar.



Gambar 1. *Tune Lobe Separation Angle*

Seiring dengan bertambahnya jumlah sepeda motor di Indonesia, hal ini juga berpengaruh dengan bertambah majunya dunia otomotif khususnya *road race*. Dahulu yang mana kejuaraan *road race* masih jarang diadakan, sekarang ini banyak diadakan dimana-mana seperti Indoprix, Yamaha *cup race*, Honda *cup race* dan yang lain-lain. Didalam *road race* dituntut motor dengan laju kecepatan yang tinggi dan ketahanan mesin yang bagus juga, namun sekarang ini para pembalap kurang puas dengan kemampuan standart pabrikan mesin sepeda motornya dan tidak sedikit dari mereka menginginkan untuk meningkatkan kemampuan unjuk kerja mesin sepeda motornya. Untuk meningkatkan kemampuan mesin tersebut para mekanik berlomba-lomba mendesain ulang komponen-komponen yang berhubungan dengan unjuk kerja mesinnya khususnya yang berhubungan dengan ruang pembakaran. Diantaranya adalah dengan cara memodifikasi atau merubah sudut *camshaft* dengan cara menggerindanya. *Camshaft* yang ada sekarang masih belum bisa memenuhi keinginan pembalap dan mekanik karena durasi *camshaft* yang dimiliki sekarang ini masih kecil sehingga tenaga mesin yang dihasilkan kecil, oleh karena itu perlu dirubah durasi *camshaft*nya agar mendapatkan tenaga mesin yang lebih besar.

Proses penggerindaan *camshaft* yang ada sekarang ini menggunakan dua cara yaitu secara manual dan menggunakan alat/mesin gerinda *camshaft* buatan sendiri. Proses penggerindaan yang dilakukan secara manual yaitu proses penggerindaan yang menggunakan gerinda

duduk saja dalam memodifikasi *camshaft*, proses ini hanya mengandalkan pengalaman dan kemahiran dari mekaniknya sehingga jika kemahiran mekaniknya kurang maka akan menghasilkan *camshaft* yang kurang baik. Sedangkan proses penggerindaan yang menggunakan alat/mesin buatan sendiri jika dibandingkan dengan yang dikerjakan secara manual jauh lebih baik karena kemahiran tidak terlalu berpengaruh, tetapi alat/mesin modifikasi *camshaft* yang ada sekarang ini memiliki beberapa kekurangan.

Kekurangan mesin yang ada sekarang ini yaitu masih terbatasnya *camshaft* yang bisa dikerjakan, harga mesin yang masih terlalu mahal, pergerakan dudukan *camshaft* yang hanya bisa ke samping saja dan lain-lain. Oleh karena alasan tersebut perancang membuat “Alat/mesin Modifikasi *Camshaft*” agar semua masalah di atas bisa terselesaikan. Fungsi alat ini adalah kita dapat merubah durasi *camshaft* standar menjadi lebih besar derajatnya dalam hitungan derajat dari kruk as serta kita dapat menentukan *lift*. Mesin ini merupakan pengembangan dari mesin yang sudah ada sebelumnya.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, maka permasalahannya adalah :

1. Bagaimanakah desain dan gambar kerja Mesin Modifikasi *Camshaft*.
2. Apakah penggerak dan sistem transmisi yang digunakan agar efektif dan efisien untuk memodifikasi *camshaft*.

3. Bagaimanakah pemilihan bahan dan perancangan konstruksi rangka utama mesin modifikasi *camshaft* agar tetap kokoh dan memenuhi syarat *safety* bagi operator.
4. Bagaimanakah pemilihan bahan dan perancangan konstruksi dudukan *camshaft* dan dudukan *puly* pada mesin modifikasi *camshaft* tersebut.
5. Berapakah kapasitas kerja mesin modifikasi *camshaft* tersebut.
6. Bagaimanakah efektifitas kinerja mesin modifikasi *camshaft* tersebut.
7. Berapakah biaya yang dibutuhkan untuk pembuatan dan harga jual produk mesin modifikasi *camshaft* tersebut.

C. Batasan Masalah

Melihat identifikasi masalah di atas, tidak semua komponen dibahas dalam laporan proyek akhir ini. Penulis hanya memfokuskan pada masalah desain dan gambar kerja konstruksi mesin, analisis untuk mengetahui tingkat keamanan komponen, dan penentuan harga produk mesin. Mesin ini digunakan untuk memodifikasi *camshaft* semua jenis merek motor.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan tuntutan desain dan pembatasan di atas, beberapa masalah yang dapat dirumuskan pada perancangan mesin modifikasi *camshaft* adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana desain dan gambar kerja konstruksi mesin modifikasi *camshaft* tersebut?
2. Bagaimana tingkat keamanan pada bahan-bahan komponen mesin modifikasi *camshaft* tersebut?

3. Berapakah harga pokok produk mesin modifikasi *camshaft*?

E. Tujuan

Tujuan perancangan mesin modifikasi *camshaft* sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan desain dan gambar kerja konstruksi mesin modifikasi *camshaft*.
2. Untuk memperoleh data tingkat keamanan bahan yang digunakan pada komponen-komponen mesin modifikasi *camshaft*.
3. Untuk mendapatkan hasil perhitungan harga pokok produk mesin modifikasi *camshaft*.

F. Manfaat

Manfaat dari perancangan dan pembuatan mesin modifikasi *camshaft* adalah sebagai berikut:

1. Bagi mahasiswa
 - a. Sebagai suatu penerapan teori dan praktek kerja yang diperoleh saat di bangku perkuliahan.
 - b. Sebagai proses pembentukan karakter kerja mahasiswa dalam menghadapi persaingan dunia kerja.
 - c. Sebagai model belajar aktif tentang cara inovasi teknologi bidang teknik mesin.
2. Bagi Dunia Pendidikan
 - a. Secara teoritis dapat memberikan informasi terbaru khususnya Teknik Mesin UNY tentang berbagai inovasi teknologi tepat guna kepada institusi pendidikan lain.

- b. Sebagai bahan kajian di Jurusan Teknik Mesin dalam mata kuliah bidang teknik mesin.

3. Bagi Dunia Industri/Lembaga

Adanya mesin modifikasi *camshaft* ini dapat dijadikan referensi bagi masyarakat dalam membuka wirausaha baru maupun pengembangan wirausaha industri bengkel.

G. Keaslian produk

Mesin modifikasi *camshaft* ini merupakan pengembangan dan modifikasi dari mesin yang telah ada. Modifikasinya yaitu untuk mesin ini ada meja untuk menempatkan eretan melintang dan eretan memanjang (catok *cross*) sehingga memudahkan operator dalam menjalankan mesin ini. Disamping itu mesin ini dimodifikasi juga pada tempat untuk memasang *camshaft*, yaitu pada mesin ini menggunakan *drill chuck* diameter 5-10 mm. Modifikasi mesin ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas, kuantitas, dan keamanan pada proses memodifikasi *camshaft*.

BAB II

PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

A. Kajian tentang Mesin Modifikasi *Camshaft*

1. Bahan *Camshaft*

Camshaft atau sering disebut poros bubungan atau poros nok adalah sebuah alat yang digunakan dalam mesin torak untuk menjalankan *valve poppet* (buka tutup katup). Bentuk *camshaft* berupa batangan silinder dengan panjang tertentu yang memiliki bentuk khusus dan terdapat beberapa tonjolan landai seperti telur pada badannya yang disebut *cam* atau biasa juga disebut *lobe* atau bubungan. Bagian yang bernama *cam/lobe* inilah yang akan bertugas menggerakkan katup mesin sehingga mampu membuka lubang masuk dan keluar ruang bakar mesin dan waktu buka-tutup inilah yang dapat mempengaruhi tenaga pada sebuah mesin.

Material atau bahan pembuat *camshaft* adalah bahan-bahan yang dapat tahan terhadap putaran tinggi, tahan terhadap gesekan/aus, tahan panas, dan tahan defleksi. Biasanya material yang digunakan yaitu baja (*steel*), besi tuang (*cast iron*), aluminium.

Tabel 1. *Requirement properties* dan kisaran nilai

No.	Requirement	Kisaran		
		Cast iron	Steel	aluminium
1.	Melting point	1300-1500 °C	1400-1600 °C	500-600 °C
2.	Yield strength (σ_{ei} atau σ_y)	200 – 800 MPa	180 – 1000 MPa	260-480 MPa
3.	Tensile strength (σ_t)	262	380	90
4.	Fracture toughness, K_{Ic}	22-53 Mpa.m ^{1/2}	72 – 90 Mpa.m ^{1/2}	22-36 Mpa.m ^{1/2}
6.	Modulus young, E	100 GPa	200 GPa	90 GPa
7.	Maksimum service temperatur (Tmax)	330 – 420 °C	180 – 320 (carbon steel) 750 – 1100 °C (stainless steel)	74 – 320 °C (alloy)
8.	density	7,87	7,80	2,70

2. Tuntutan Mesin Modifikasi *Camshaft*

Mesin Modifikasai *Camshaft* adalah salah satu jenis alat tepat guna. Sesuai dengan namanya, mesin tersebut berfungsi sebagai alat untuk memodifikasi *camshaft* standar menjadi *camshaft racing*. Konsep dan cara kerja mesin tersebut memiliki persamaan dengan mesin gerinda yang telah ada sebelumnya, karena mesin tersebut sama-sama berfungsi untuk mengerinda atau mengikis benda. Namun untuk menghasilkan mesin modifikasi *camshaft* yang *reasonable* di kalangan bengkel kecil di perlukan beberapa minimalisasi dan perbaikan desain pada konstruksi mesin. Beberapa bentuk minimalisasai dan perbaikan desain tersebut bertujuan untuk meningkatkan kapasitas produksi *camshaft* dan mengurangi biaya produksi mesin. Harapannya adalah untuk menyesuaikan terhadap kebutuhan pasar.

Pengembangan teknis suatu desain merupakan salah satu syarat utama keberhasilan sebuah produk dalam memenuhi kebutuhan konsumen. Upaya tersebut memerlukan beberapa langkah konstruktif (G Niemann, 1999: 1) yaitu:

- a. Produksi perdana. Memenuhi target yang telah ditentukan.
- b. Pengembangan lanjut. Eliminasi hambatan, kesempurnaan, kesederhanaan, dan penurunan harga dari hasil desain.
- c. Penyesuaian hasil desain untuk penerapan di bidang khusus dan pengembangan produksi khusus.
- d. Spesifikasi khusus. Menentukan ukuran tertentu, bentuk dan daya tahan khusus, jika hal ini belum dilakukan dalam langkah terdahulu.
- e. Memproduksi dengan cara lain atau bahan lain.
- f. Hasil desain yang lebih bermutu.

Berdasarkan uraian di atas, langkah awal proses perencanaan yang perlu dilakukan adalah mempelajari syarat-syarat dan spesifikasi tugas secara detail. Sebagian besar masalah atau kegagalan desain disebabkan karena kurang jelasnya kriteria tuntutan pemakai dan kaburnya definisi tugas yang harus terpenuhi. Sedangkan alasan utama penolakan desain dari konsumen adalah faktor investasi atau ekonomi yang tidak sepadan. Oleh karena itu, diperlukan formula khusus sebagai langkah awal pengembangan desain dengan mempelajari tuntutan produk dari si pemakai. Formula tersebut tidak menutup kemungkinan pada perencanaan mesin modifikasi *camshaft*.

Berikut tuntutan-tuntutan dari mesin modifikasi *camshaft* tersebut:

- a. Tidak lagi menggunakan mesin gerinda yang dilakukan secara manual dalam proses pembuatan *camshaft* modifikasi tetapi menggunakan mesin yang lebih mudah.
- b. Mudah dalam penggunaan dan perawatannya.
- c. Dapat memberi kenyamanan lebih dari pada mesin yang sudah ada.
- d. Dapat memberikan kepresisian terhadap benda yang dikerjakan.
- e. Dapat diatur kecepatan putaran dengan mudah pada saat sedang bekerja.
- f. Harga produknya murah.

3. Analisis Kebutuhan

Berdasarkan tuntutan calon pengguna di atas, maka diperlukan beberapa langkah analisis kebutuhan guna memperjelas tugas perencanaan mesin modifikasi *camshaft* yang terdiri dari :

a. Spesifikasi mesin

Spesifikasi mesin modifikasi *camshaft* diharapkan mempunyai ukuran dan bentuk yang sesuai dengan ruang usaha yang kecil dan dapat dipindah tempatkan. Spesifikasi tersebut dipengaruhi oleh beberapa ketentuan pernyataan kebutuhan konsumen, yaitu: harga penjualan, kapasitas kerja, kenyamanan (ergonomis), dan daya motor penggerak.

- 1) Harga penjualan mesin yang terjangkau dapat dipengaruhi oleh jenis dan kualitas material yang digunakan. Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan konstruksi mesin yang kuat diharapkan perencanaan mesin mampu mengoptimalkan bahan-bahan dengan harga terjangkau namun mampu menghasilkan konstruksi mesin yang baik.
- 2) Kapasitas kerja dan daya motor penggerak merupakan satu kesatuan pengaruh spesifikasi mesin yang penting. Kapasitas kerja mesin untuk memodifikasi *camshaft* standar diharapkan mampu dikerjakan dengan daya motor penggerak berkapasitas relatif kecil.

b. Standar Penampilan

Berdasarkan batasan kapasitas kerja tersebut, maka untuk standar penampilan dapat ditentukan berdasarkan postur rata-rata orang dewasa sebagai operator. Tujuannya adalah dengan spesifikasi mesin di atas mampu memberikan kenyamanan operator, memudahkan proses produksi, dan mampu menghasilkan produk *camshaft* modifikasi yang memenuhi keinginan.

c. Target Keunggulan Pasar

Target yang ingin dicapai sebagai keunggulan pada perencanaan mesin dan proses modifikasi *camshaft* standar menjadi *camshaft racing* adalah:

- 1) Proses pembuatan mesin dapat dikerjakan dengan mudah dan cepat.
- 2) Biaya keseluruhan pembuatan mesin yang terjangkau.
- 3) Mudah dalam pengoperasiannya dan cukup 1 orang sebagai operator.
- 4) Mesin tidak bising.
- 5) Mampu meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil produksi.
- 6) Mempunyai ukuran dan bentuk yang sesuai dengan ruang usaha yang kecil dan dapat dipindah tempatkan.
- 7) Tidak menimbulkan polusi udara karena tidak menggunakan bahan bakar.
- 8) Memenuhi syarat *safety* bagi operator sehingga mampu mendukung efektifitas proses produksi.
- 9) Perawatan dan pemeliharaan mesin tidak memerlukan biaya khusus.

4. Analisis Morfologi Mesin Modifikasi *Camshaft*

Analisis morfologi adalah suatu pendekatan yang sistematis dan terstruktur untuk mencari alternatif penyelesaian dengan menggunakan matriks sederhana. Sebagai salah satu langkah pengembangan produk, penyelesaian tugas desain dapat dicapai dengan memahami karakteristik mesin dan menguasai berbagai fungsi komponen mesin. Materi dasar inilah yang selanjutnya dapat dikembangkan untuk memilih komponen mesin yang paling ekonomis, sesuai perhitungan teknis dan menciptakan bentuk luar yang menarik. Oleh karena itu, diperlukan beberapa

pengalaman individu untuk mencapai penyelesaian tugas desain tersebut. Pengalaman individu desainer khususnya pada konsep kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* dapat menyesuaikan cara kerja mesin gerinda. Benda kerja atau *camshaft* dikikis/digerinda untuk menghasilkan *camshaft* dengan durasi yang lebih besar.

Berdasarkan keterangan dan penjelasan terkait dengan produk Mesin Modifikasi *Camshaft*, dapat memberikan gambaran mengenai kebutuhan spesifikasi (Table 2). Spesifikasi mesin dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu :


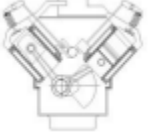


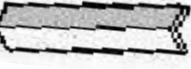








- a. Keharusan/*demands* (D), yaitu syarat mutlak yang harus dimiliki mesin (jika tidak terpenuhi maka mesin merupakan solusi yang tidak diterima.
- b. Keinginan/*wishes* (W), yaitu syarat yang masih dapat dipertimbangan keberadaannya agar dapat dimiliki oleh mesin yang dirancang.










Tabel 2. Spesifikasi mesin modifikasi *camshaft*

No.	Tuntutan Perencanaan	Persyaratan	Tingkat Kebutuhan
1.	Energi	a. Menggunakan tenaga motor b. Dapat diganti dengan tenaga penggerak lain atau gabungan	D W
2.	Gaya	a. Rangka mampu menumpu beban yang diberikan b. Mempunyai gaya memotong atau mengikis untuk mengurangi bahan <i>camshaft</i>	D D
3.	Kinematika	a. Mekanismenya mudah beroperasi b. Pergerakan mekanisme lancar	D D
4.	Material	a. Mudah didapat dan murah harganya b. Baik mutunya c. Sesuai dengan standar umum d. Memiliki umur pakai yang panjang e. Mempunyai sifat mekanis yang baik f. Bahan mempunyai kekuatan yang baik	D W D D D W
5.	Geometri	a. Panjang area kerja ± 1000 mm b. Lebar ± 800 mm c. Tinggi ± 1500 mm d. Dimensi dapat diperbesar / diperkecil	D D D W
6.	Ergonomi	a. Sesuai dengan kebutuhan b. Mudah dipindahkan c. Tidak bising d. Mudah dioperasikan e. Tidak memakan tempat	D D D D D
7.	Indikator	a. Petunjuk pengoperasian mudah dipahami b. Petunjuk pengoperasian dalam bahasa Indonesia	D D
8.	Keselamatan	a. Konstruksi harus kokoh b. Bagian yang berbahaya ditutup c. Tidak menimbulkan polusi	D D D
9.	Produksi	a. Dapat diproduksi bengkel kecil b. Suku cadang murah dan mudah didapat c. Biaya produksi relatif murah d. Dapat dikembangkan lagi	D D D D
10.	Perawatan	a. Biaya perawatan murah b. Perawatan mudah dilakukan c. Perawatan secara berkala	D D W
11.	Transportasi	a. Mudah dipindahkan b. Tidak diperlukan alat khusus untuk memindah	D D

Berdasarkan cara kerja, identifikasi kebutuhan, dan keterangan spesifikasi kebutuhan mesin untuk mendapatkan klasifikasi kebutuhan komponen yang memiliki nilai ergonomis dan ekonomis, maka dapat digunakan alternatif penyelesaian tugas desain dengan matriks morfologi (Tabel 3).

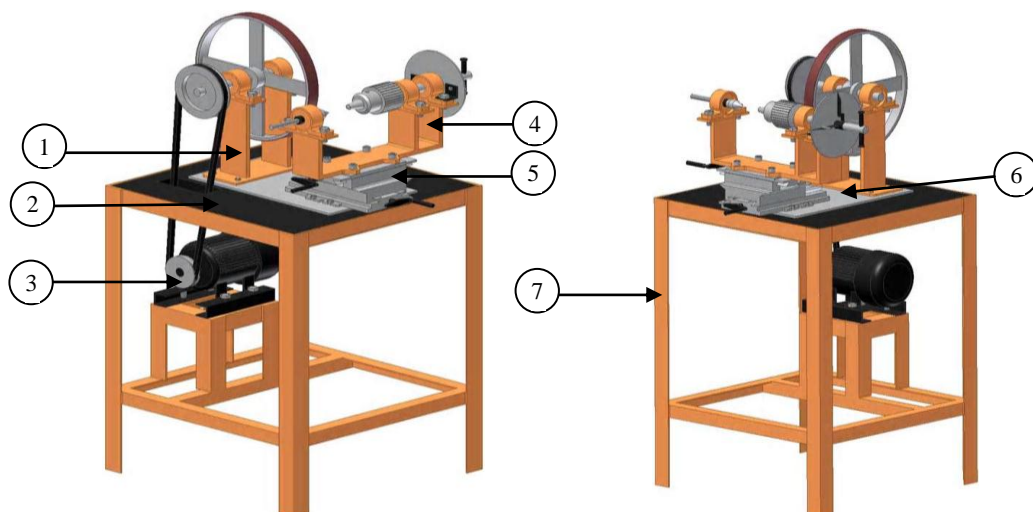
Tabel 3. Matriks Morfologi Mesin Modifikasi *Camshaft*

No.	Variabel	Varian		
		A	B	C
1.	Sumber tenaga penggerak	 Motor listrik	 Motor bensin	 Manual/tenaga manusia
2.	Profil rangka mesin	 Pipa	 Profil L	 Profil U
3.	Sistem transmisi	 <i>Belt dan pulley</i>	 <i>Sproket dan rantai</i>	 Roda gigi
4.	Landasan meja	Kayu	Besi	Plastik
5.	Pengikis <i>camshaft</i>	Pully dilapisi amplas	Batu gerinda	
6.	Pencekam <i>camshaft</i>	 Cekam bor	 Chuck bubut cnc	
7.	Landasan pully			

8.	Dudukkan <i>camshaft</i>			
9.	Landasan tanggem			
10.	Rangka meja			

5. Gambaran Mesin Modifikasi *Camshaft*

Berdasarkan beberapa pilihan dan solusi dari hasil analisis morfologi di atas, serta dari tuntutan dan hasil identifikasi produk sebelumnya dapat memberikan gambaran bentuk dari mesin modifikasi *camshaft* sebagai berikut :



Gambar 2. Gambaran mesin modifikasi *camshaft*

Keterangan :

1. Bagian dudukan pully
2. Papan meja
3. Bagian Transmisi
4. Bagian dudukan *camshaft*
5. *Catok cross*
6. Landasan mesin
7. Rangka Mesin

B. Kajian Singkat tentang Karakteristik Bahan

1. Besi dan Baja

Besi dan baja merupakan *ferro* yang sering digunakan dalam konstruksi mesin.

a. Besi

Besi (*iron*) merupakan salah satu unsur pembentuk bermacam-macam logam dan baja paduan. Dalam ilmu bahan teknik, besi memiliki peranan penting dalam sejarah teknologi. Kandungan biji besi berdasarkan prosentasenya, terbagi menjadi empat macam dengan ciri yang berbeda pula (Tabel 4).

Tabel 4. Senyawa besi berupa besi dan kandungannya

<i>Iron Ore</i>	<i>Colour</i>	<i>Iron Content %</i>
Magnetite (Fe_2O_3)	<i>Black</i>	72
Haematite (Fe_2O_3)	<i>Red</i>	70
Limonite (Fe_2CO_3)	<i>Brown</i>	60-65
Siderite [$\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{H}_2\text{O})$]	<i>Brown</i>	48

(Khurmi, dan Gupta,1982:27)

Besi untuk perkakas dingin merupakan hasil dari beberapa paduan unsur seperti karbon, silikon, mangan, kromium, dan lainlain. Beberapa unsur paduan itulah yang mampu membentuk sifat-sifat tertentu pada besi untuk dapat digunakan sebagai perkakas dingin. Berdasarkan unsur paduannya, besi terbagi menjadi dua jenis yang akan dijelaskan sebagai berikut :

1) *Wrought Iron*

Wrought iron adalah besi yang mempunyai kemurnian besi mendekati 100%. Komposisi kimia bahan tersebut yaitu 99,5% - 99,9% besi; 0,02% karbon; 0,120% *silicon*; 0,018% sulfur, 0,02% fosfor; dan 0,07% kerak besi. Bahan tersebut bersifat lunak, liat, dan tidak mampu menahan beban kejut secara tiba-tiba serta berlebihan. Kekuatan tarik *wrought iron* berkisar 2500-5000 Kg/cm² dan kekuatan tekannya 3000 Kg/cm². Bahan tersebut biasa digunakan pada pembuatan rantai (*chains*), *crane hooks*, *railway coupling*, pipa uap, dan pipa air (Khurmi, dan Gupta,1982:30)

2) *Cast iron*

Cast iron merupakan paduan besi dan karbon. Kandungan karbon pada material ini bervariasi dari 1,7% sampai 4,5%. *Cast iron* juga mengandung sejumlah unsur lain, seperti silikon, mangan, fosfor, dan sulfur. Bentuk karbon yang terdapat dalam *cast iron* terdapat dua macam, yaitu karbon bebas yang dinamakan *graphite* dan gabungan karbon yang dinamakan *cementite*.

Cast iron adalah material yang rapuh, tidak dapat digunakan untuk elemen mesin yang mengalami pembebanan kejut (*shock loaded*). Sifat-sifat yang membuatnya berharga adalah karena harganya murah, karakteristik coran yang baik, kekuatan kompresinya lebih tinggi daripada tegangan tariknya. Variasi *cast iron* meliputi: *grey cast iron*, *mottled cast iron*, *White cast iron*, *malleable cast iron*, dan *alloy cast* (Khurmi, dan Gupta, 1982:27)

b. Baja (*Steel*)

Baja (*steel*) didefinisikan sebagai logam *ferro* berkrystal halus yang dihasilkan dari proses pembuangan unsur pengotor, yakni sulfur dan fosfor dari *pig iron* dan proses penambahan sejumlah unsur meliputi mangan, silikon, dan lain-lain. Secara garis besar baja dibagi menjadi dua macam, yaitu baja karbon (*carbon steel*) dan baja paduan (*alloy steel*).

1) Baja Karbon

Baja karbon merupakan paduan besi dan karbon serta mengandung mangan, silikon, fosfor, dan sulfur dalam jumlah tertentu yang dapat diketahui. Apabila keempat unsur tersebut terdapat dalam jumlah normal, maka hasilnya adalah *plain carbon steel* atau baja karbon biasa.

Kekuatan dari sifat baja karbon dipengaruhi oleh kandungan karbon. Semakin meningkat kandungan karbon akan meningkatkan kekuatan dan kekerasan bahan tersebut, namun keuletan dan kemampuannya dalam menahan beban kejut berkurang. Unsur lain dalam baja karbon tidak begitu berpengaruh dalam menentukan sifat seperti halnya unsur karbon.

Berdasarkan unsur karbon yang terkandung di dalamnya, baja karbon terdiri atas bermacam-macam jenis (Tabel 5).

Tabel 5. Jenis-jenis baja karbon

No.	Nama	C (%)	Keterangan
1.	<i>Dead mild steel</i>	0,15	Bersifat: liat dan tidak mampu dikeraskan dengan perlakuan panas dan mampu las baik. Penggunaan : bodi mobil
2.	<i>Low carbon steel</i> atau <i>mild steel</i>	0,15-0,45	Bersifat: liat, kuat, dan cocok untuk pengerolan. Penggunaan: bahan-bahan pekerjaan permesinan dan pengelasan
3.	<i>Medium carbon steel</i>	0,45-0,8	Bersifat: keras dan cocok untuk pekerjaan panas. Penggunaan: rel kereta api, <i>crankshaft</i> , <i>wheels</i> , dan aplikasi sejenis
4.	<i>High carbon steel</i>	0,8-1.5	Bersifat: sangat keras, kuat, sedikit liat, dan memiliki responsitas yang baik terhadap perlakuan panas. Penggunaan: alat-alat potong pertanian, <i>high tensile strength wire</i> , pahat potong, dan pegas.

(Khurmi, dan Gupta, 1982:31)

2) Baja Paduan (*Alloy Steel*)

Baja paduan memiliki perbedaan dengan baja karbon. Perbedaannya terdapat pada unsur-unsur pembentuk baja yang berpengaruh pada sifat ketangguhan baja. Menurut (Saito, dan Surdia, 2005:84), sebagai unsur paduan untuk baja paduan bagi konstruksi mekanik adalah Ni-Cr, Ni-Cr-Mo, Cr, Cr-Mo, Mn, dan Mn-Cr. Baja paduan memiliki beberapa kelebihan, diantaranya adalah :

- a) Mempunyai sifat mampu keras yang baik meskipun berukuran besar dapat dikeraskan sampai ke dalam, jadi dengan penemperan dapat diperoleh struktur yang lebih seragam. Disamping itu kekuatan yang lebih tinggi dan keuletan yang lebih baik dapat diperoleh.
- b) Karena memiliki sifat mampu keras yang lebih baik, tidak diperlukan pendinginan yang cepat pada pengerasannya, hal ini menyebabkan rendahnya tegangan sisa.

Komponen mekanis yang umumnya dibuat adalah: poros, roda gigi, baut, mur, batang torak, dan seterusnya. Baja Ni-Cr-Mo sangat baik kekuatan dan keuletannya, tetapi harganya mahal. Usaha yang dilakukan untuk menggantikannya adalah baja Cr-Mo atau baja Cr.

2. Sifat Mekanis Logam

Menurut Saito dan Surdia (1999: 7), sifat mekanis logam adalah kemampuan logam untuk menahan beban yang dikenakan padanya, baik pembebanan statis maupun pembebanan dinamis. Pembebanan statis adalah pembebanan yang besar dan arahnya tetap setiap saat. Pembebanan dinamis adalah pembebanan yang besar maupun arahnya berubah setiap saat.

Sifat mekanis logam antara lain sebagai berikut :

a. Kekuatan bahan (*strength*)

Kekuatan bahan (*strength*) disebut juga tegangan batas atau *ultimate stress*. Kekuatan bahan merupakan bagian penting dari sifat mekanis bahan logam yang didefinisikan sebagai tegangan satuan terbesar suatu bahan yang dapat ditahan tanpa menimbulkan kerusakan (Rohyana, 1999: 15). Kekuatan bahan bervariasi menurut bentuk dan beban yang diberikan, sehingga ada kekuatan atau ketahanan terhadap beban statis seperti tarik, lentur, tekan, puntir (torsi) maupun geser. Sedangkan beban dinamis adalah seperti pemberian beban dengan tiba-tiba (kejut) dan berubah-ubah. Contoh, bila percobaan tarik dilakukan terhadap batang logam maka akan terjadi deformasi yang berupa pertambahan panjang dan pengurangan penampang sampai patah. Deformasi ini dapat berupa deformasi elastis yaitu perubahan bentuk yang segera hilang kembali bila beban dihilangkan dan

deformasi plastis yaitu perubahan bentuk yang tetap walaupun beban dihilangkan.

1) Tegangan Tarik dan Tegangan Tekan

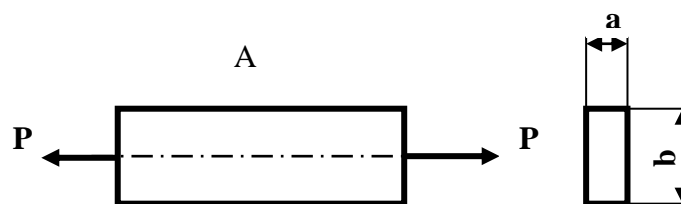
Gaya aksial P yang bekerja tegak lurus terhadap penampang A akan menimbulkan tegangan normal (Gambar 3). Menurut Achmad (1999:15) tegangan tarik disebut tegangan normal positif, dimana gaya yang bekerja mempunyai arah keluar (positif). Sedangkan tegangan tekan disebut tegangan normal negatif, karena gaya yang bekerja mempunyai arah masuk penampang (negatif) (Saito, dan Surdia. 1999).

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Dimana σ = tegangan, N/m^2 (Kg/mm^2)

P = beban, N (Kg)

A = luas penampang, m^2 (mm^2)

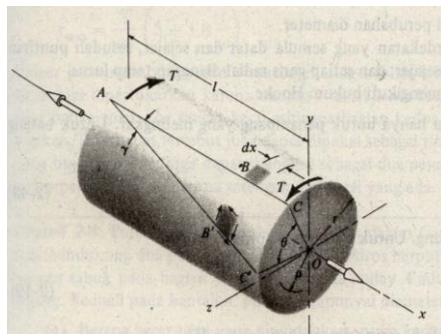


Gambar 3. Gaya aksial yang bekerja pada plat

2) Torsi

Menurut Harahap (2000:68), setiap vektor momen yang berimpit dengan sumbu suatu bagian mesin disebut vektor torsi, karena momen ini menyebabkan bagian mesin tersebut memuntir

terhadap sumbunya. Batang yang menerima momen seperti itu disebut batang torsi. Ukuran panjang batang torsi dapat mempengaruhi besarnya momen yang terjadi. Gambar 4 menerangkan torsi T yang bekerja pada sebuah batang torsi dengan panjang L dinyatakan dengan menggambarkan anak panah pada permukaan batang untuk menyatakan arahnya, atau menggambarkan vektor torsi sepanjang sumbu putar batang tersebut. Vektor torsi adalah berupa tanda anak panah kosong pada sumbu x .



Gambar 4. Analisis tegangan torsi

Sudut puntir untuk penampang bulat, yaitu :

$$\theta = \frac{TL}{GJ}$$

(Shigley, dan Mitchell, 1986:69)

Dimana θ = Sudut puntir, rad

T = torsi, N.m

L = panjang, m

G = modulus kekakuan, N/m^2 (Pa)

J = momen inersia sudut dari penampang atau momen inersia polar, m^4

Momen puntir (torsi) dari daya motor penggerak adalah :

$$T = \frac{N}{\omega}$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

(Achmad, 1999 :21)

Keterangan : T = Momen puntir (N.m)
 N = Daya (Watt)
 n = Putaran Motor (rpm)
 ω = Kecepatan sudut (rad/s)

3) Tegangan Geser

Perhitungan tegangan geser maksimum untuk penampang batang bulat cukup mudah. Tegangan geser di titik pusat adalah nol, dan tegangan geser maksimum (τ_{\max}) berada di permukaan. Dengan menyatakan radius permukaan luar sebagai r , maka (Harahap, 2000:70):

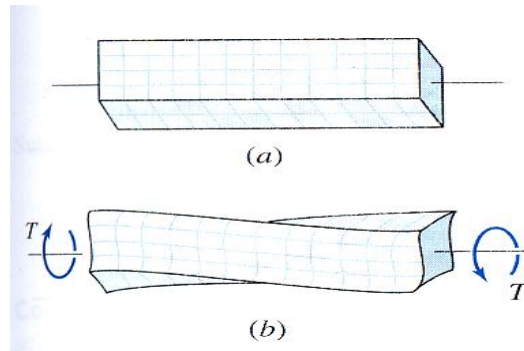
$$\tau_{\max} = \frac{Tr}{J}$$

(Shigley, dan Mitchell, 1986:69)

Perhitungan tegangan geser maksimum untuk penampang yang tidak bulat adalah suatu persoalan yang rumit, sehingga tegangan geser maksimum untuk penampang kotak atau persegi (Gambar 5) dapat didekati dengan rumus :

$$\tau_{\max} = \frac{T}{ab^2} \left(3 + 1.8 \frac{b}{a} \right)$$

(Ugural, 2003:81)



Gambar 5. Batang torsi dengan penampang persegi

(a) sebelum dan (b) setelah di puntir

Dimana a dan b adalah ukuran panjang dan lebar dari batang torsi dengan syarat $a > b$. Untuk penampang persegi dapat dilakukan pendekatan dengan membagi dua penampang persegi, dimana setiap penampang menerima setengah dari torsi yang ada.

b. Kekerasan

Kekerasan bahan adalah sifat dasar dari logam setelah kekuatan. Kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan suatu bahan untuk menahan pembebanan yang berupa goresan atau penekanan. Untuk pengukuran kekerasan dengan penekanan dapat dilakukan dengan pengujian *Brinell* (HB), *Vickers* (HV) dan *Rockwell* skala C (HRC).

c. Elastisitas

Elastisitas adalah kemampuan untuk kembali ke bentuk semula setelah menerima beban yang mengakibatkan perubahan bentuk. Sifat

ini perlu diperhatikan dalam perancangan elemen mesin, karena jika beban melebihi batas elastisitasnya, maka bahan akan berubah bentuk serta melemahkan struktur atau turunnya kekuatan bahan.

d. Kekakuan

Kekakuan bahan adalah ukuran dari kemampuan suatu bahan untuk menahan perubahan bentuk atau deformasi bila bahan tersebut diberi beban, kekakuan ini bisa didefinisikan sebagai *modulus young* dari suatu bahan.

e. Plastisitas

Plastisitas adalah kemampuan dari suatu bahan padat untuk mengalami perubahan bentuk tetap tanpa kerusakan. Perubahan bentuk plastis ini hanya akan terjadi setelah melewati daerah elastis. Banyak dari pengerjaan panas dan pengerjaan dingin tergantung pada deformasi plastis (Rohyana, 1999:21). Biasanya plastisitas dari suatu bahan akan bertambah bila suhunya naik. Oleh sebab itu banyak bahan yang dikerjakan dengan menaikkan suhunya.

f. Kelelahan bahan

Kelelahan bahan adalah kemampuan bahan untuk menerima beban yang berganti-ganti dimana tegangan maksimum diberikan pada setiap pembebanan (Rohyana, 1999:21). Pada kondisi ini bahan akan rusak atau patah setelah berkali-kali menerima pembebanan atau sebaliknya bahan mampu menahan beban. Sifat-sifat ini perlu diperhatikan dalam pemilihan bahan untuk pembuatan elemen mesin,

karena sifat ini jika tidak dipenuhi akan menimbulkan kerugian yang fatal.

3. Faktor keamanan

Faktor keamanan n adalah faktor yang digunakan untuk mengevaluasi keamanan dari suatu elemen mesin (Achmad, 1999: 3). Analisis faktor keamanan banyak digunakan pada proses membandingkan antara tegangan dengan kekuatan untuk menaksir angka keamanannya. Cara menentukan faktor keamanan adalah (Harahap, 2000:13):

$$n = \frac{F_p}{F} = \frac{\sigma_p}{\sigma}$$

Dimana, F_p = Beban yang diijinkan

F = Beban yang bekerja

σ_p = Tegangan yang diijinkan

σ = Tegangan yang bekerja

Menurut Achmad (1999), Berikut ini adalah rekomendasi nilai faktor keamanan menurut P. Vidosic (Tabel 6).

Tabel 6. Faktor keamanan berdasarkan tegangan luluh

No.	Nilai keamanan (n)	Keterangan
1.	$1,25 \div 1,5$	Untuk bahan yang sesuai dengan penggunaan pada kondisi terkontrol dan beban tegangan yang bekerja dapat ditentukan dengan pasti.
2.	$1,5 \div 2,0$	Untuk bahan yang sudah diketahui dan pada kondisi lingkungan beban dan tegangan yang tetap dan mudah ditentukan dengan mudah.
3.	$2,0 \div 2,5$	Untuk bahan yang beroperasi pada lingkungan biasa dan beban serta tegangan dapat ditentukan.
4.	$2,5 \div 3,0$	Untuk bahan getas di bawah kondisi, lingkungan beban dan tegangan dapat ditentukan.
5.	$3,0 \div 3,5$	Untuk bahan belum diuji yang digunakan pada kondisi lingkungan, beban dan tegangan rata-rata atau untuk bahan yang sudah diketahui baik yang bekerja pada tegangan yang tidak pasti.

(Achmad:1999)

Elemen mesin dengan beban berulang, faktor ketetapan nomor 1 sampai 5 sudah sesuai, tetapi harus disalurkan pada batas ketahanan lelah daripada kekuatan luluh bahan. Apabila elemen mesin dengan gaya kejut, faktor keamanan yang sesuai adalah nomor 3 sampai 5 tetapi faktor kejut termasuk dalam beban kejut.

C. Perhitungan Poros

Poros merupakan salah satu bagian dari mesin yang sangat penting karena hampir semua mesin meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran, oleh karenanya poros memegang peranan utama dalam transmisi

dalam sebuah mesin. Poros dibedakan menjadi tiga macam berdasarkan penerusan dayanya (Sularso dan Kiyokatsu Suga, 1991:1) yaitu :

1. Poros Transmisi

Poros macam ini mendapatkan beban puntir murni atau puntir dan lentur. Daya ditransmisikan kepada poros ini melalui kopling, roda gigi, puli sabuk dan *sprocket* rantai dll.

2. Spindel

Poros transmisi yang relatif pendek, seperti poros utama mesin perkakas, dimana beban utamanya berupa puntiran yang disebut spindel. Syarat utama yang harus dipenuhi poros ini adalah deformasi harus kecil dan bentuk serta ukurannya harus teliti.

3. Gandar

Poros seperti yang dipasang diantara roda-roda kereta barang, dimana tidak mendapat beban puntir, bahkan kadang-kadang tidak boleh berputar, disebut gandar. Gandar hanya memperoleh beban lentur kecuali jika digerakkan oleh penggerak dia akan mengalami beban puntir juga.

Perhitungan gaya-gaya yang terjadi pada poros menggunakan rumus sebagai berikut :

a. Daya rencana (P_d)

$$P_d = f_c \cdot P$$

Keterangan: P_d = Daya yang direncanakan (kW)

f_c = Faktor koreksi

P = Daya yang ditransmisikan (kW)

b. Momen rencana (T)

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \left(\frac{Pd}{n_1} \right)$$

Keterangan: T = Momen puntir (kg.mm)

Pd = Daya yang direncanakan (kW)

n_1 = Kecepatan putaran pada poros (rpm)

c. Tegangan geser

$$\tau_{geser} = \frac{T}{J_p}$$

Keterangan: τ_{geser} = Tegangan geser yang diijinkan (kg/mm²)

T = Momen puntir (kg.mm)

d = Diameter poros (mm)

d. Tegangan yang diijinkan (σ_{B})

$$\sigma_{B} = \frac{\sigma_{t}}{(Sf_1 \cdot Sf_2)}$$

Keterangan: σ_B = Kekuatan tarik (kg/mm²)

Sf_1 = Faktor keamanan 1

Sf_2 = Faktor keamanan 2

e. Menentukan diameter poros

$$d = \left[\frac{16}{\pi \sigma_B} \sqrt{(K_m M)^2 + (K_t T)^2} \right]^{1/3}$$

Keterangan: d = diameter poros (mm)

K_f = faktor koreksi momen lentur

M = momen lentur (kgmm)

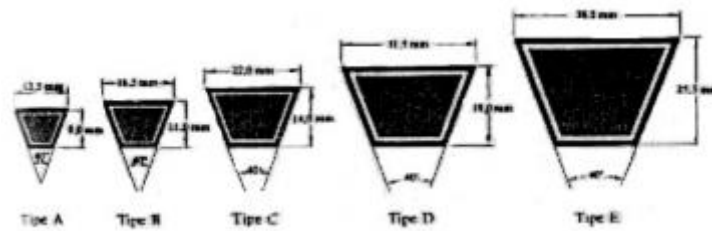
K_t = faktor koreksi momen puntir

T = momen punter (kgmm)

D. Perancangan Sabuk-V sebagai Transmisi Daya

Jarak yang cukup jauh yang memisahkan antara dua buah poros mengakibatkan tidak memungkinkannya menggunakan transmisi langsung dengan roda gigi. *V-belt* merupakan sebuah solusi yang dapat digunakan. *V-belt* adalah salah satu transmisi penghubung yang terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapesium. Dalam penggunaannya *V-belt* dibelitkan mengelilingi alur puli yang berbentuk V pula. Bagian *belt* yang membelit pada puli akan mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalamnya akan bertambah besar (Sularso, 1991:163)

V-belt banyak digunakan karena *V-belt* sangat mudah dalam penanganannya dan murah harganya. Selain itu *V-belt* juga memiliki keunggulan lain dimana *V-belt* akan menghasilkan transmisi daya yang besar pada tegangan yang relatif rendah serta jika dibandingkan dengan transmisi roda gigi dan rantai, *V-belt* bekerja lebih halus dan tak bersuara.

Gambar 7. Penampang *V-belt*

Penampang *V-belt* dapat diperoleh atas dasar daya rencana dan putaran poros penggerak. Daya rencana dihitung dengan mengalikan daya yang diteruskan dengan faktor koreksi. Transmisi *V-belt* hanya dapat menghubungkan poros-poros yang sejajar dengan arah putaran yang sama.

V-belt selain juga memiliki keunggulan dibandingkan dengan transmisi-transmisi yang lain, *V-belt* juga memiliki kelemahan dimana *V-belt* dapat memungkinkan untuk terjadinya slip. Oleh karena itu, maka perencanaan *V-belt* perlu dilakukan untuk memperhitungkan jenis sabuk yang digunakan dan panjang sabuk yang akan digunakan.

Menurut Sularso dan Suga (2004:163-179) perhitungan yang digunakan dalam perancangan sabuk-V antara lain:

1. Daya rencana (P_d)

$$P_d = f_c \times P$$

Dimana : P = daya (kW)

$$P_d = \text{daya rencana (kW)}$$

2. Momen rencana (T_1, T_2)

$$T_1 = 9,74 \times 10^5 \times \left(\frac{P_d}{n_1} \right)$$

$$T_2 = 9,74 \times 10^5 \times \left(\frac{D_2}{D_1} \right)$$

Dimana : g = gaya grafitasi

P_d = daya rencana

n_1 = putaran poros penggerak

n_2 = putaran poros yang digerakkan

3. Tegangan geser yang diijinkan (τ_{all})

$$\tau_{all} = \frac{S_{sy}}{F_s F_t}$$

Dimana: σ_B = Kekuatan tarik (kg/mm^2)

Sf_1 = Faktor keamanan

Sf_2 = Faktor pengaruh alur pasak

4. Perhitungan diameter poros (d_{s1}, d_{s2})

$$d_{s1} = \left\{ \left(\frac{P_d}{C_s} \right) \times K_s \times C_p \times T_1 \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$d_{s2} = \left\{ \left(\frac{P_d}{C_s} \right) \times K_s \times C_p \times T_2 \right\}^{\frac{1}{3}}$$

Dimana: K_s untuk beban berangsur = 1, untuk tumbukan ringan

C_p untuk beban lenturan = 2, untuk beban lenturan kecil

5. Pemilihan tipe sabuk

6. Diameter minimum puli (d_{pulley}) yang diizinkan

7. Diameter lingkaran jarak bagi puli (d_{fs}, d_{fv})

$$d_{fs} = \dots mm$$

$$d_{fv} = d_{fs} \times i$$

Dengan : i = perbandingan putaran

8. Diameter luar puli (d_{Lg}, D_{Lg})

$$d_{Lg} = d_{Pg} + 2 \times 5,5$$

$$D_{Lg} = D_{Pg} + 2 \times 4,5$$

$$d_{Pg} = d_{Pgl} + 10$$

$$D_{Pg} = D_{Pgl} + 10$$

9. Kecepatan sabuk (v)

$$v = \frac{\pi d_{Pg} n_{gl}}{60 \times 1000}$$

10. Putaran sabuk < putaran poros, baik

$$C - \frac{d_{Lg}^2 - D_{Lg}^2}{2} > 0$$

Dengan C = jarak sumbu poros (mm)

11. Panjang keliling (L)

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (D_{Pg} + d_{Pg}) + \frac{\pi}{24} (D_{Pg} - d_{Pg})^2$$

12. Nomor nominal sabuk

13. Jarak sumbu poros (C)

$$b = 2L - 3,14(D_{Pg} + d_{Pg})$$

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D_{Pg} - d_{Pg})^2}}{4}$$

14. Sudut kontak (θ)

$$\theta = 180 - \frac{270(D_{Pg} - d_{Pg})}{C}$$

Factor koreksi (k_{θ}) = 1°

15. Jumlah sabuk (N)

$$N = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

E. Analisa Ekonomi

Analisis ekonomi merupakan salah satu bagian dari pertimbangan dalam perencanaan sebuah produk yang berupa mesin. Pertimbangan tersebut dipengaruhi oleh biaya-biaya yang dikeluarkan selama menghasilkan produk.

1. Biaya

Biaya dalam arti luas adalah pengorbanan sumber ekonomi yang diukur dalam satuan uang yang telah terjadi atau yang kemungkinan akan terjadi untuk tujuan tertentu. Sedangkan biaya dalam arti sempit adalah pengorbanan sumber ekonomi untuk memperoleh aktiva (Mulyadi, 1993).

Biaya digolongkan dengan berbagai macam cara. Penggolongan biaya ditentukan atas dasar tujuan yang hendak dicapai. Biaya dapat digolongkan menurut :

a. Objek pengeluaran

Objek pengeluaran merupakan dasar penggolongan biaya.

Misalnya biaya gaji dan biaya asuransi.

b. Fungsi pokok dalam perusahaan

Biaya menurut fungsi pokok dalam perusahaan terbagi menjadi tiga, yaitu: biaya produksi, biaya pemasaran dan biaya administrasi. Biaya produksi adalah biaya-biaya yang terjadi untuk mengolah bahan baku menjadi produk jadi yang siap untuk dijual. Contoh: biaya bahan baku, biaya karyawan, biaya bahan penolong. Biaya pemasaran adalah

biaya-biaya yang terjadi untuk melaksanakan kegiatan pemasaran produk. Contoh: biaya iklan, biaya promosi, biaya angkutan. Sedangkan biaya administrasi adalah biaya-biaya untuk mengkoordinasi kegiatan produksi dan pemasaran produk. Contoh biaya personalia, biaya akuntan dan biaya foto kopi.

c. Hubungan biaya dengan sesuatu yang dibiayai

Berdasarkan hubungannya, biaya dibagi menjadi dua golongan, yakni: biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung adalah biaya yang terjadi yang penyebab satu-satunya karena ada sesuatu yang dibiayai. Biaya tidak langsung adalah biaya yang terjadi tidak hanya disebabkan oleh sesuatu yang dibiayai.

d. Perilaku dalam hubungannya dengan perubahan volume kegiatan

Berdasarkan perilaku dalam hubungannya dengan volume kegiatan, biaya digolongkan menjadi tiga, yaitu: biaya variabel, biaya semivariabel, biaya *semifixed*, dan biaya tetap.

- 1) Biaya variabel adalah biaya yang jumlah totalnya berubah sebanding dengan perubahan volume kegiatan.
- 2) Biaya semivariabel adalah biaya yang berubah tidak sebanding dengan perubahan volume kegiatan.
- 3) Biaya semifixed adalah biaya yang tetap untuk tingkat volume kegiatan tertentu dan berubah dengan jumlah yang konstan pada volume produksi tertentu.

4) Biaya tetap atau *fixed cost* adalah biaya yang jumlah totalnya tetap dalam kisar volume kegiatan tertentu.

e. Jangka waktu manfaatnya

Berdasarkan jangka waktu manfaatnya biaya dapat dibagi menjadi dua, yaitu: pengeluaran modal dan pengeluaran pendapatan. Pengeluaran modal adalah biaya yang mempunyai manfaat lebih dari satu periode akuntansi. Pada saat terjadi dibebankan sebagai harga pokok aktiva. Sedangkan pengeluaran pendapatan adalah biaya yang hanya mempunyai manfaat dalam periode akuntansi terjadinya pengeluaran.

Pembuatan suatu produk terdapat dua kelompok biaya yaitu biaya produksi dan biaya non produksi. Biaya produksi merupakan biaya-biaya yang dikeluarkan dalam pengolahan bahan baku menjadi produk. Sedangkan biaya non produksi seperti pemasaran dan administrasi. Biaya produksi membentuk harga pokok produksi yang digunakan untuk menghitung harga pokok produk. Kemudian biaya non produksi ditambahkan pada harga pokok produksi untuk menghitung total harga pokok produk.

2. Metode Penentuan Harga Pokok Produk Berdasarkan Pesanan

Penentuan harga pokok produk berdasarkan pesanan (*full costing*) dilakukan dengan mengumpulkan biaya-biaya produksi pesanan tertentu dan harga pokok produksi persatuan dihitung dengan cara membagi total biaya produksi pesanan dengan jumlah satuan produk pesanan yang

bersangkutan. Sebuah perusahaan dengan proses produksi berdasarkan pesanan memulai proses produksi suatu produk berdasarkan spesifikasi yang ditentukan oleh pemesan. Biaya produksi pesanan yang satu dengan pesanan yang lain akan berbeda sesuai keinginan dari pemesan. Harga jual yang dibebankan pada pemesan sangat ditentukan oleh besarnya biaya produksi yang akan dikeluarkan untuk memproduksi pesanan tertentu.

Harga jual produk yang dipesan oleh pemesan, terkadang sudah terbentuk di pasar. Hal tersebut menjadikan manajemen untuk mengambil keputusan menerima atau menolak pesanan. Manajemen memerlukan informasi total harga pokok pesanan. Informasi total harga pokok pesanan memberikan perlindungan bagi manajemen agar dalam menerima pesanan tidak mengalami kerugian. Tanpa memiliki informasi yang lengkap, manajemen tidak dapat mengetahui laba.

3. Neraca Ekonomi

Selain biaya-biaya yang akan dikeluarkan selama proses pembuatan menjadi produk, dalam analisis ekonomi juga diperhitungkan mengenai neraca ekonomi. Neraca ekonomi adalah suatu laporan yang berisi kegiatan perusahaan yang dibuat dengan jangka waktu tertentu (Machfoedz, 1987). Hal-hal yang terdapat dalam neraca perusahaan antara lain BCR (*Benefit Cost Ratio*), BEP (*Break Event Point*).

a. BCR (*Benefit Cost Ratio*)

BCR atau *Benefit Cost Ratio* merupakan perbandingan antara hasil yang dipresentasikan dengan biaya modal sebagai indikator diterima atau tidaknya investasi yang dijalankan dalam suatu usaha. BCR lebih dari satu maka investasi yang ditanamkan menguntungkan (Saputro, 1993).

Menurut Budiono (1993), perhitungan BCR dapat dihitung dengan rumus :

$$BCR = \frac{Penerimaan}{Biayaproduksi}$$

b. BEP (*Break Event Point*)

BEP atau *Break Event Point* adalah suatu keadaan dimana penghasilan dari penjualan hanya cukup untuk menutup biaya baik yang bersifat variabel maupun yang bersifat tetap atau hanya mampu menutup biaya produksi dan biaya usaha yang diperlukan dalam menjalankan kegiatannya. BEP menunjukkan jumlah laba sama dengan nol atau jumlah penghasilan total sama dengan biaya total (Partadiredja, 1996).

BEP bermanfaat untuk menetapkan penjualan minimal yang harus dipertahankan agar tidak rugi dalam menjalankan kegiatan produksi dalam biaya tetap maupun biaya variabel tertentu (Saputra, 2000). Perhitungan BEP dapat dilakukan dengan rumus:

$$BEP = \frac{TFC}{1 - \frac{TVC}{TR}}$$

Dimana : TFC = *Total Fixed Cost*

TVC = *Total Variable Cost*

TR = *Total Revenue* (Pendapatan)

4. Pendapatan

Berdasarkan produk yang terjual, diperoleh pendapatan. Pendapatan merupakan selisih antara output (penerimaan) yang diperoleh dari penjualan hasil produksi dengan input (biaya) yang dikeluarkan untuk menghasilkan suatu produk (Adisaputro, 1993).

Menurut Budiono (1993), jumlah pendapatan yang diterima oleh perusahaan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Pendapatan} = \text{Total output} - \text{total input}$$

Pendapatan merupakan selisih antara output (penerimaan) yang diperoleh dari penjualan hasil produksi dengan input (biaya) yang dikeluarkan untuk menghasilkan suatu produk (Saputra, 2000).

Pendapatan sangat dipengaruhi oleh input dan output. Input merupakan faktor yang dapat digunakan untuk menghasilkan sebuah produk yang dapat memuaskan kebutuhan atau keinginan manusia. Sedangkan output adalah hasil produksi total sumber daya yang digunakan dalam usaha ekonomi.

BAB III

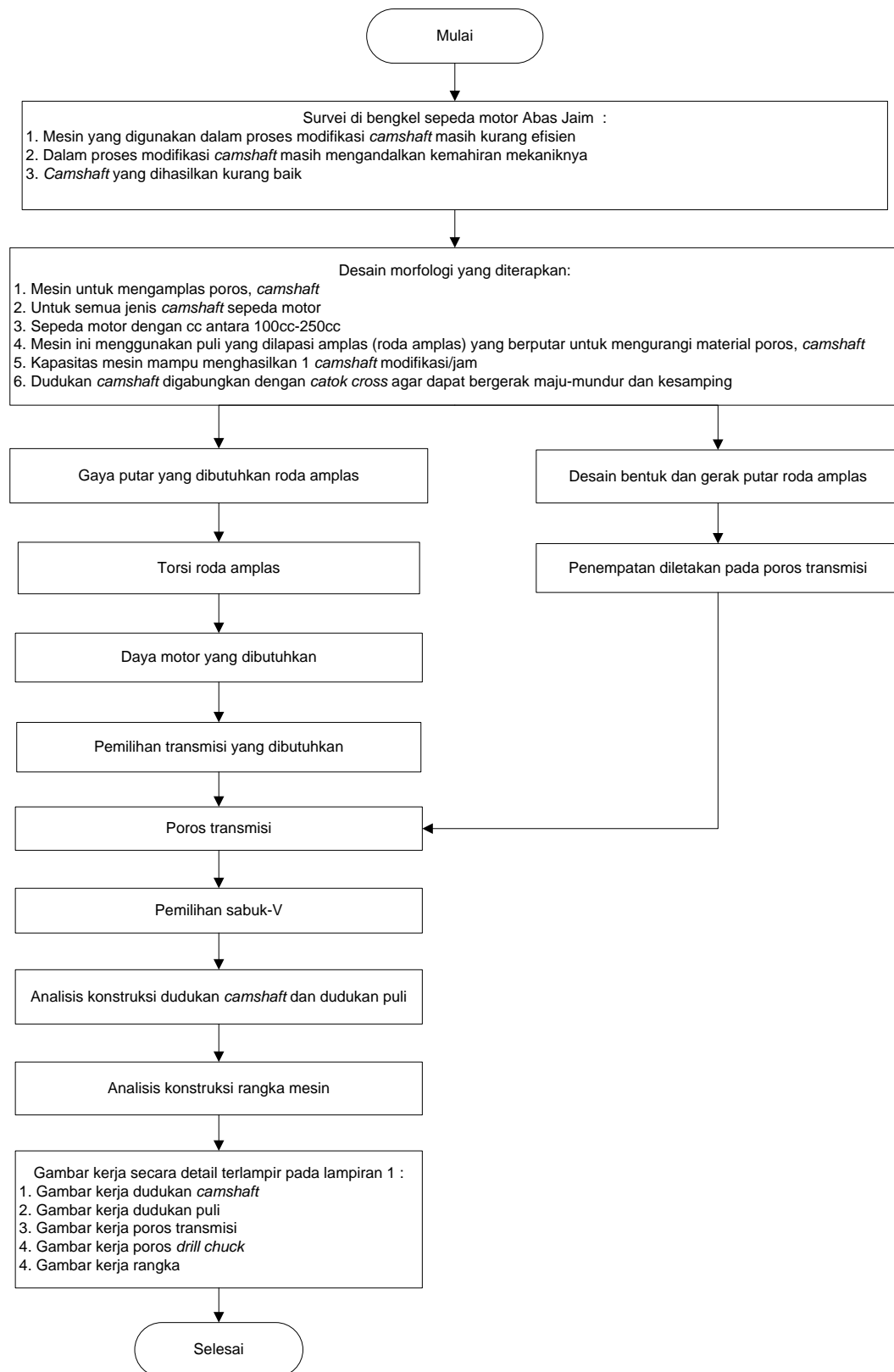
KONSEP PERANCANGAN

A. Diagram Alir Proses Perancangan

Perancangan adalah kegiatan inovasi dan kreatif dalam mengaplikasikan IPTEK untuk mewujudkan produk baru atau mengembang (memodifikasi) produk yang telah ada yang diprediksi akan laku dipasaran untuk memenuhi kebutuhan manusia saat ini atau mendatang sesuai tuntutan zaman.

Ada tiga macam perancangan yaitu : (1) asli yaitu merupakan desain penemuan yang benar-benar didasarkan pada penemuan belum pernah ada sebelumnya, (2) pengembangan/ modifikasi yaitu merupakan pengembangan produk yang sudah ada dalam rangka peningkatan efisiensi, efektivitas, atau daya saing untuk memenuhi tuntutan pasar atau tuntutan zaman, (3) adopsi yaitu merupakan perancangan yang mengadopsi/ mengambil sebagian sistem atau seluruhnya dari produk yang sudah ada untuk penggunaan lain dengan kata lain untuk mewujudkan alat mesin yang memiliki fungsi lain (Epsito and Thrower.R.J., 1991: 6)

Menurut Darmawan (2004), perancangan itu sendiri terdiri dari serangkaian kegiatan yang berurutan, karena itu perancangan disebut sebagai proses perancangan tersebut. Kegiatan-kegiatan dalam proses perancangan disebut fase. Fase-fase dalam proses perancangan berbeda satu dengan yang lainnya. Fase-fase proses perancangan mesin modifikasi *camshaft* dapat digambar dalam diagram alir sebagai berikut :

Gambar 7. Diagram alir perancangan mesin modifikasi *camshaft*

1. Definisi proyek dan daftar persyaratan

Definisi proyek dan daftar persyaratan dalam fase ini menghasilkan antara lain:

- a. Pernyataan tentang masalah/produk yang akan dirancang
- b. Beberapa kendala yang membatasi solusi masalah tersebut
- c. Spesifikasi teknis produk
- d. Kriteria keterimanan dan kriteria lain yang harus dipenuhi produk

2. Perancangan Konsep Produk

Spesifikasi teknis produk hasil fase pertama proses perancangan menjadi dasar fase berikutnya, yaitu fase perancangan konsep produk. Tujuan fase ini adalah menghasilkan alternatif konsep produk sebanyak mungkin. Konsep produk yang dihasilkan fase ini kasih berupa skema atau dalam bentuk skets. Pada prinsipnya, semua alternatif semua konsep produk tersebut memenuhi spesifikasi teknik produk. Pada akhirnya fase perancangan konsep produk, dilakukan evaluasi pada hasil rancangan konsep produk untuk memilih satu atau beberapa konsep produk terbaik untuk dikembangkan pada fase ketiga fase perancangan produk.

3. Perancangan Produk

Fase perancangan produk merupakan pengembangan alternatif dalam bentuk skema atau skets menjadi produk atau benda teknik yang bentuk, material dan dimensi elemen-elemennya ditentukan. Fase perancangan produk diakhiri dengan perancangan detail elemen-elemen produk, yang

kemudian dituangkan dalam gambar-gambar detail untuk proses pembuatan.

4. Dokumen Untuk Pembuatan Produk

Dokumen atau gambar hasil perancangan produk tersebut dapat dituangkan dalam bentuk gambar tradisional diatas kertas (2 dimensi) atau gambar dalam bentuk modern yaitu informasi digital yang disimpan dalam memori komputer. Informasi dalam digital tersebut dapat berupa *print-out* untuk menghasilkan gambar tradisional atau dapat dibaca oleh sebuah *software* komputer.

Gambar hasil rancangan produk terdiri dari :

- a. Gambar semua elemen produk lengkap dengan geometrinya, dimensinya, kekasaran/kehalusan permukaan dan material
- b. Gambar susunan komponen (*assembly*)
- c. Gambar susunan produk
- d. Spesifikasi yang membuat keterangan-keterangan yang tidak dapat dimuat dalam gambar

B. Pernyataan Kebutuhan

Modifikasi adalah salah satu alternatif untuk mendapatkan sesuatu yang sesuai dengan keinginan dan kebutuhan. Perkembangan teknologi modifikasi dewasa ini berkembang sangat pesat, sebagian besar pemilik kendaraan bermotor khususnya dalam bahasan ini sepeda motor bensin satu silinder tipe empat langkah memodifikasi mesin motornya guna mendapatkan performa yang diinginkan. Biasanya para pemodifikator paling sering

memodif motornya pada power mesin, karena power mesin adalah hal yang penting dalam sebuah memodif motor. Dalam meningkatkan daya atau power mesin motor standart yang biasa disebut *tune up*, dapat diusahakan dengan beberapa hal seperti : Meningkatkan / menaikkan perbandingan kompresi, memperbaiki katup masuk maupun keluar supaya pemasukan bahan bakar menjadi lancar dan baik, merubah durasi, *lift camshaft*, mengubah pengapian, mengubah *rasio* dengan *close rasio*, dan menyetting karburator. Dalam memodifikasi *camshaft* dengan mesin yang ada sekarang ini masih banyak kendala diantaranya yaitu: waktu pembuatan yang lama, kurangnya ketepatan dalam merubah durasi *camshaft*, dan biaya yang masih mahal. Oleh karena itu perlu dibuat mesin yang lebih efektif untuk mengurangi kendala-kendala tersebut.

C. Analisis Kebutuhan

Berdasarkan pernyataan kebutuhan diatas, maka diperlukan beberapa langkah analisis kebutuhan untuk memperjelas tugas perancangan mesin modifikasi *camshaft*.

1. Pernyataan

Dibutuhkan mesin modifikasi *camshaft* untuk mengubah durasi *camshaft* standar, untuk skala bengkel sedang dengan harga terjangkau ekonomi menengah kebawah.

2. Spesifikasi Tenaga Penggerak

Tenaga penggerak menggunakan tenaga penggerak motor listrik agar lebih efisien jika dibandingkan dengan tenaga penggerak yang lain.

Dibutuhkan tenaga penggerak untuk menghasilkan *camshaft* dengan durasi yang telah diubah ≥ 1 buah/ jam.

3. Standart Penampilan

Mesin modifikasi *camshaft* ini memiliki konstruksi yang telah disesuaikan dengan kenyamanan dalam bekerja, keamanan pemakai dan kemudahan dalam pengoperasiannya. Mesin ini memiliki dimensi yang tidak cukup besar, sehingga mesin ini dapat dengan mudah dipindah tempatkan dari satu tempat ke tempat lain.

D. Pertimbangan Perencanaan

Berdasarkan uraian analisis kebutuhan di atas maka pertimbangan perancangan yang dilakukan pada mesin modifikasi *camshaft* antara lain :

1. Pertimbangan Teknis

Pertimbangan nilai teknis identik dengan kekuatan konstruksi mesin sebagai jaminan terhadap calon pembeli. Dimana pertimbangan teknis dari mesin modifikasi *camshaft* ini adalah sebagai berikut:

- a. Konstruksi yang kuat dan proses *finishing* yang baik untuk menambah umur mesin.
- b. Proses *assemblies* mesin relatif mudah sehingga perawatan dan *maintenance* mesin dapat dilakukan dengan mudah dan murah.

2. Pertimbangan Ekonomis

Pertimbangan nilai ekonomis merupakan pertimbangan kedua setelah diterimanya produk oleh calon pemakai. Pertimbangan nilai

ekonomis memiliki keterkaitan antara kemampuan nilai teknis produk terhadap daya beli konsumen serta harga jual produk yang ditawarkan.

- a. Jaminan umur produk yang lama sebagai pendukung *profit* usaha calon pemakai.
- b. Suku cadang yang berkualitas dengan harga terjangkau dan mudah didapat serta perawatan yang mudah dikerjakan.
- c. Harga mesin yang terjangkau untuk kalangan bengkel menengah ke bawah.

3. Pertimbangan Ergonomis

Ergonomi berkaitan dengan cara-cara mendesain mesin, operasi dan lingkungan kerja sehingga sesuai dengan kapasitas dan keterbatasan manusia. Konsep ergonomi yang diterapkan pada mesin modifikasi *camshaft* meliputi:

- a. Konstruksi mesin yang sederhana dan proporsional memungkinkan setiap orang dapat mengoperasikannya dengan mudah sehingga memberikan efisiensi tenaga dan waktu serta memberikan nilai *comfortable* atau kenyamanan terhadap kerja operator..
- b. Berdasarkan spesifikasi mesin yang cukup proporsional, dapat mempermudah proses pemindahan tempat mesin serta pengaturan lingkungan atau area kerja mesin.

4. Pertimbangan Lingkungan

Pertimbangan lingkungan sebagai pendukung diterimanya produk oleh masyarakat dan calon pembeli adalah mesin modifikasi *camshaft*

yang bebas polusi dan tidak bising, sebagai pendukung kenyamanan operator.

5. Pertimbangan Keselamatan Kerja

Pertimbangan keselamatan kerja merupakan syarat ketentuan mesin untuk dapat dikatakan layak pakai. Syarat tersebut dapat berupa bentuk komponen mesin yang berfungsi sebagai pengaman atau pelindung operator pada bagian mesin yang berpotensi terhadap kecelakaan kerja.

E. Tuntutan Perancangan

Berdasarkan uraian pertimbangan perencanaan, dapat diuraikan menjadi tuntutan perencanaan. Tuntutan perencanaan mesin modifikasi *camshaft* terdiri dari:

1. Tuntutan Konstruksi

- a. Kontruksi/Rangka dapat menahan beban dan juga getaran saat mesin sedang dioperasikan.
- b. Perawatan dapat dilakukan pada konstruksi mesin tanpa harus membongkar mesin secara keseluruhan.

2. Tuntutan Ekonomi

- a. Biaya yang dibutuhkan untuk membuat mesin relatif murah atau terjangkau.
- b. Perawatan mesin dapat dilakukan dengan mudah dan tidak memerlukan biaya yang mahal.

3. Tuntutan Fungsi

- a. Tenaga penggerak utamanya menggunakan motor listrik atau sumber tenaga yang lain.
- b. Kecepatan putaran mesin dapat diatur sesuai dengan kebutuhan saat kerja

4. Tuntutan Pengoperasian

- a. Proses pengoperasian mesin cukup mudah tanpa pengaturan-pengaturan yang sulit dipahami oleh operator.
- b. Mesin ini tidak menuntut pemakainya untuk harus mempunyai latar belakang pendidikan yang tinggi dan juga keahlian khusus untuk mengoperasikannya.

5. Tuntutan Keamanan

Komponen-komponen mesin yang berpotensi terhadap kecelakaan kerja operator dibutuhkan pelindung atau pengamanan dalam bentuk komponen yang sesuai.

6. Tuntutan Ergonomis

- a. Mesin tersebut tidak memerlukan ruangan yang luas atau lebar karena ukurannya tidak terlalu besar.
- b. Mesin tersebut dapat dipindah-pindah tempat sesuai dengan keadaan dan kebutuhan karena bobot mesin masih memungkinkan untuk dipindah tempatkan menggunakan tenaga manusia.

BAB IV

PROSES, HASIL, DAN PEMBAHASAN

A. Desain dan Gambar Teknologi Mesin Modifikasi *Camshaft*

1. Desain Konstruksi Mesin Modifikasi *Camshaft*

Desain konstruksi mesin modifikasi *camshaft* ditentukan atas berbagai pertimbangan sebagai berikut :

- a. Spesifikasi mesin yang ergonomis sehingga nyaman bagi operator dan mudah disesuaikan dengan ruang kerja atau ruang usaha yang kecil dan dapat dipindah tempatkan. Dimensi mesin diperkirakan panjang x lebar x tinggi yaitu 500x500x1350 mm.
- b. Sumber penggerak motor listrik AC disesuaikan dengan kemampuan daya listrik untuk usaha bengkel kecil menengah yang diperkirakan rata-rata berkisar antara 900 sampai 1300 Watt.
- c. Mudah dalam pengoperasian, perawatan maupun pergantian suku cadang mesin.

2. Gambar Kerja Konstruksi Mesin Modifikasi *Camshaft*

Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* terlampir pada lampiran 1.

B. Analisa Teknik

Analisa teknik merupakan proses evaluasi yang dibutuhkan dalam perencanaan Mesin Modifikasi *Camshaft*. Tujuannya untuk menentukan kelayakan perancangan atau identifikasi kelemahan hasil perancangan. Hasil evaluasi dilanjutkan sebagai bahan kajian pengembangan produk selanjutnya atau untuk penyempurnaan mesin selanjutnya. Pendekatan evaluasi tersebut dilakukan berdasarkan pendekatan teori dan aktual desain produk.

1. Perancangan Sistem Transmisi

Sistem transmisi terdiri dari reduktor berupa *V-belt* dan *pulley*. Sistem transmisi tersebut diharapkan mampu mereduksi putaran dari motor sesuai putaran yang diinginkan, meningkatkan torsi dan memenuhi syarat keamanan bagi operator. Sedangkan untuk *V-belt* dan *pulley* dipilih dengan pertimbangan mampu menghubungkan jarak poros yang relatif panjang dan tidak menimbulkan suara bising. Tabel 7 adalah nilai perbandingan (*rasio*) putaran hasil reduksi sistem transmisi Modifikasi *Camshaft*.

Tabel 7. Perbandingan rasio putaran sistem transmisi mesin modifikasi *camshaft*.

No	Transmisi	Ø (mm)	i kerja	n kerja (rpm)
1	<i>Pulley motor</i>	76,2	1	1400
2	<i>Pulley Poros</i>	152,4	0,5	700
i total ($i_1 \times i_2$)			0,5	n akhir = 700

Keterangan :

$$\frac{1}{i} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{m \cdot z_1}{m \cdot z_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{z_1}{z_2}$$

$$n_1 = 1400 \text{ rpm}$$

$$n_{\text{kerja1}} = 1400 \text{ rpm} \times i_1$$

$$n_{\text{kerja2}} = 1400 \text{ rpm} \times (i_1 \times i_2)$$

$$= 1400 \text{ rpm} \times i_{\text{total}}$$

$$= n_{\text{akhir}}$$

2. Analisis Torsi Poros

Untuk setiap benda yang berputar mengalami gaya sentripetal dan gaya sentrifugal. Gaya sentripetal adalah gaya yang bekerja pada sebuah benda yang bergerak melingkar dimana arah gaya selalu menuju ke pusat lingkaran. Atau dapat juga dikatakan F_s (gaya sentripetal) adalah gaya yang membuat benda untuk bergerak melingkar. Dalam hal ini puli amplas mengalami gaya sentripetal, yang besarnya sebagai berikut.

Gaya sentripetal yang terjadi:

$$F_s = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

Dimana :

$$m = \text{Massa amplas (0,07 kg)}$$

$$R = \text{Jari-jari puli (0,15 m)}$$

v dicari dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \cdot 60} \\ &= \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 700}{1000 \cdot 60} \end{aligned}$$

$$V = 10,99 \text{ m/s}^2$$

maka ;

$$\begin{aligned} Fr &= m \cdot \frac{V^2}{R} \\ &= 0,07 \cdot \frac{11^2}{0,15} \\ &= 56,4 \text{ N} \end{aligned}$$

Mesin ini menggunakan daya sebesar 1HP. Dengan menggunakan daya

1 Hp, gaya yang dihasilkan yaitu sebesar :

$$P = \tau \cdot W$$

$$P = F \cdot r \cdot \frac{2\pi \cdot n}{60}$$

$$1,3 \cdot 1 = F \cdot 150 \cdot \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 700}{60}$$

$$1,3 \text{ Hp} = F \cdot 10,99 \text{ m.put/det}$$

$$969,8 \text{ kg.m/det}^3 = F \cdot 10,99 \text{ m.put/det}$$

$$F = 88,2 \text{ kg.m/put.det}^2 \longrightarrow 88,2 \text{ N}$$

Harga kekerasan Brinell untuk *cast iron* yaitu sebesar 130 HB = 130

N/mm².

Maka torsi yang dialami poros yaitu:

$$\diamond \text{ Torsi (TA)} = F \times r$$

$$= 5,7 \text{ kg} \times 150 \text{ mm}$$

$$= 855 \text{ kg.mm} \longrightarrow 8,4 \text{ Nm (g = 9,8 m/s}^2\text{)}$$

Jadi besarnya torsi yang dialami oleh poros adalah 855 kg.mm atau 8,4 Nm.

3. Analisis Kebutuhan Daya Motor Penggerak

Dengan mengetahui besarnya torsi yang dialami poros dalam perhitungan di atas, maka kebutuhan daya motor penggerak dapat diketahui dengan memasukkan besarnya torsi ke dalam persamaan.

Dengan asumsi efisiensi (η) = 90 % dan faktor koreksi (f_c) belt = 1,3 (mesin modifikasi *camshaft* diperkirakan bekerja setiap 3-5 jam/hari, lihat lampiran 5), (Sularso dan Suga, 2004:165). Berikut adalah perhitungan mengenai kebutuhan daya motor penggerak (N)

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{T \cdot 2\pi n \cdot (\eta_{motor} \times f_{c belt})}{60} \\
 &= \frac{8,4 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 700 \cdot (0,9 \times 1,3)}{60} \\
 &= 720,06 \text{ watt} \\
 &= 0,96 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

4. Analisis Torsi Penggerak

Berdasarkan analisis kebutuhan daya motor penggerak di atas serta hasil pertimbangan ekonomis, motor listrik yang dipilih adalah motor AC 1 HP, karena harganya cukup terjangkau dan tidak memerlukan daya listrik yang besar yaitu ± 750 Watt. Berdasarkan keterangan tersebut, maka nilai torsi penggerak T adalah sebagai berikut:

$$T = \frac{N}{\omega} \text{ Nm} \quad 1 \text{ HP} = 0,746 \text{ kW} \quad \text{dan } \omega = \frac{2\pi n}{60} \text{ rad/s}$$

$$T = \frac{N \cdot 60}{2\pi n} \text{ Nm}$$

Maka :

$$T = \frac{N \cdot 60 (\eta_{motor} \times F_{cbelt})}{2\pi n}$$

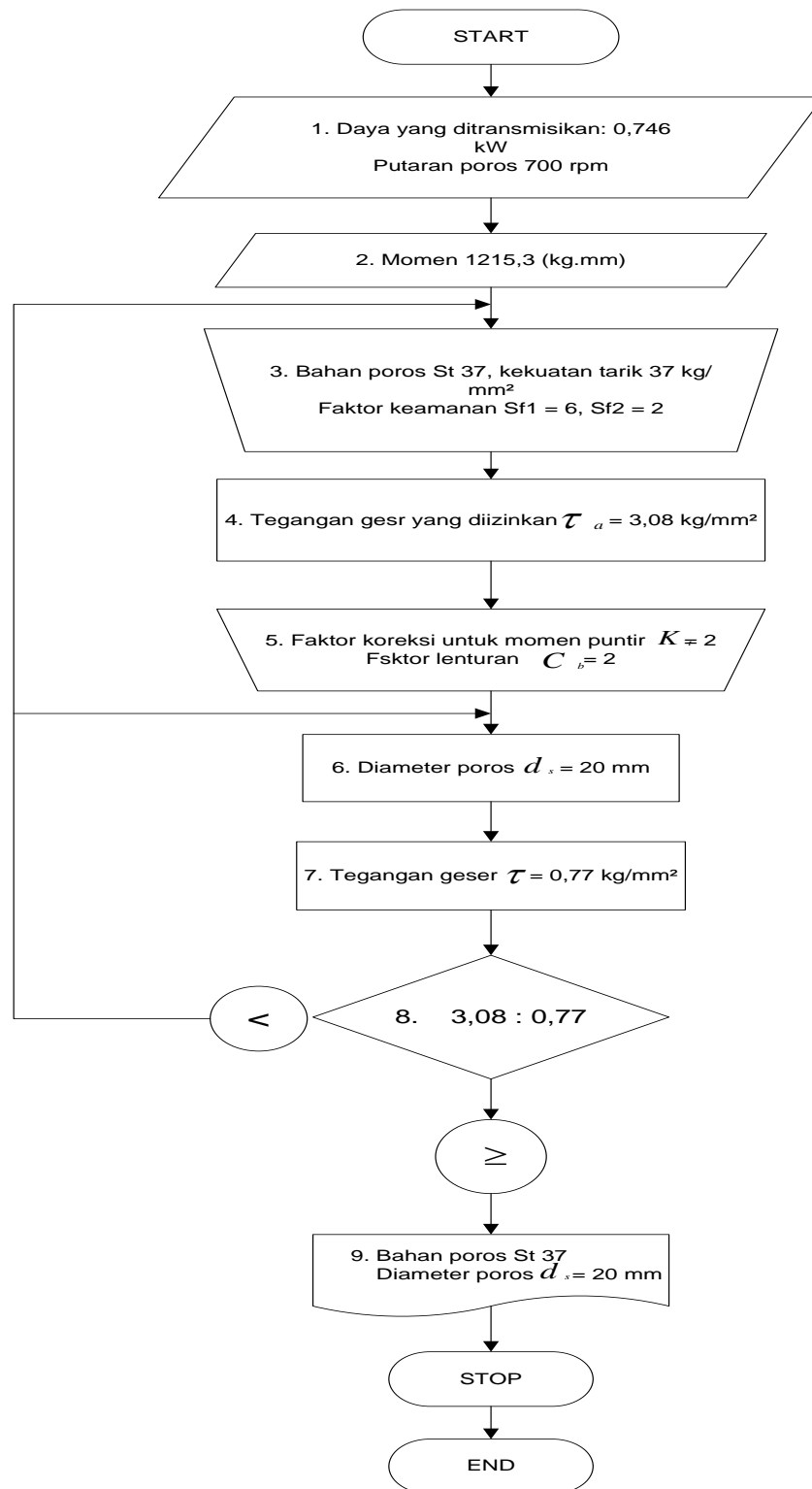
$$T = \frac{(1 \times 746) 60 (0,9 \times 1,3)}{2 \times 3,14 \times 700}$$

$$T = 11,91 \text{ Nm}$$

Jadi **T penggerak 11,91 Nm > T poros transmisi 8,4 Nm**

Sesuai data di atas dapat disimpulkan bahwa motor listrik penggerak mesin modifikasi *camshaft* dengan daya 1 HP yang direncanakan memenuhi syarat mampu kerja.

5. Perhitungan Poros Transmisi



Gambar 8. Diagram alir perhitungan poros

Poros merupakan salah satu bagian dari sistem transmisi mesin modifikasi *camshaft*. Putaran dari motor listrik diteruskan puli dan *v-belt* kemudian ke poros. Poros ini berfungsi sebagai pemutar pully amplas. Terdapat 3 poros pada mesin ini, poros transmisi, poros *drill chuck*, dan poros *center*. Poros *drill chuck* berfungsi sebagai tempat melekatnya *drill chuck* sedangkan poros *center* ini berfungsi untuk menahan *camshaft* agar tetap *center*.

Untuk mengetahui tegangan tarik dari bahan poros yang telah kami beli dapat dilakukan uji kekerasan melalui uji kekerasan lekukan (*indentation hardness*). Untuk pengujian kekerasan ini kami menggunakan uji kekerasan *Vickers* dengan menggunakan alat uji *Universal Hardness Tester*. Indentor yang digunakan adalah paramida intan. Beban penekanan (P) pada alat uji yaitu 60 kg (588 N). Untuk mencari besarnya angka kekerasan *Vickers*, dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$VHN = \frac{2P \sin(\frac{\theta}{2})}{d^2} = \frac{(1,854)P}{d^2}$$

Keterangan:

P = beban yang digunakan (kg) d = diameter lekukan (mm)

θ = sudut antara permukaan intan yang berhadapan = 136°

Setelah dilakukan pengujian dilakukan sebanyak 3 kali dan hasil uji yang didapat dimasukkan pada persamaan diatas, maka diperoleh harga kekerasan *Vickers* pada Tabel 8, sebagai berikut:

Tabel 8. Harga Kekerasan *Vickers* Pada Bahan Poros

No.	Diagonal Identasi		Panjang diagonal Rata-rata (d1+d2)/2 (mm)	Harga Kekerasan <i>Vickers</i> (kg/mm ²)	Harga Kekerasan <i>Vickers</i> Rata-rata (kg/mm ²)
	d 1	d 2			
1	1,0	1,0	10	111,24	113,48
2	1,0	0,9	0,95	123,26	
3	1,1	0,95	1,025	105,94	

Dari rata-rata harga kekerasan *Vickers* yang telah didapat, penulis dapat mengetahui jenis bahan serta kekuatan tarik bahan tersebut dapat menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\sigma_B = 0,345 \times HB \dots\dots\dots (\text{Calister, 1997})$$

Ket :

σ_B = dalam Mpa (N/mm²)

HB = dalam N/mm²

Diperoleh harga kekuatan tarik bahan poros tersebut sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sigma_B &= 0,345 \times HB, \text{ kg/mm}^2 \\ &= 0,345 \times 107,81 \text{ (setelah dikonversikan ke Brinell)} \\ &= 37,19 \text{ kg/mm}^2 \approx 37 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan hitungan di atas bahan tersebut mempunyai kekuatan tarik sebesar 37 kg/mm². Berdasarkan klasifikasi baja karbon, bahan poros pada mesin modifikasi *camshaft* ini digolongkan sebagai baja karbon medium (*mild steel*) (G Niemann, 1992:96). Berdasarkan tabel baja konstruksi umum menurut DIN 17100 bahan tersebut digolongkan ke dalam baja *St. 37* ($Sf_1 = 6$, $Sf_2 = 2$). Harga tekanan permukaan yang

diizinkan $P\alpha$ adalah 8 (kg/mm²) untuk poros berdiameter kecil (Sularso dan Kyokatsu Suga, 1991:27). Bahan poros ini keras, ulet, mampu dikerjakan dengan mesin, dan mampu juga dikerjakan dengan las.

Alur perhitungan poros transmisi dapat dilihat pada Gambar 8.

Data yang diketahui untuk perhitungan poros transmisi antara lain:

Daya yang ditransmisikan : 0,746 kW

Putaran poros : 700 rpm

Bahan poros : St 37

Perhitungan,

1. Daya yang ditransmisikan

$$P = 0,746 \text{ kw}$$

$$\text{Putaran poros (n)} = 700 \text{ rpm}$$

2. Momen

Momen yang terjadi adalah momen puntir penggerak, yaitu

$$\text{sebesar } 11,91 \text{ Nm} \approx 1215,3 \text{ kg.mm}$$

3. Bahan poros St 37

$$\text{Kekuatan tarik } (\sigma_B) = 37 \text{ kg/mm}^2$$

Faktor keamanan (Sf_1) untuk bahan S-C = 6 (S-C Bahas jerman untuk bahan St)

$$\text{Faktor pengaruh } (Sf_2) \text{ adalah } = 2$$

4. Tegangan geser yang diizinkan (τ_a) adalah

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{(Sf_1 \times Sf_2)}$$

$$\tau_a = \frac{37}{(6 \times 2)}$$

$$= 3,08 \text{ kg/mm}^2$$

5. K_t (faktor koreksi tumbukan) ditentukan = 2

C_b (faktor koreksi lenturan) ditentukan = 2 {harganya antara 1,2 – 2,3, jika diperkirakan tidak akan terjadi pembebanan lentur maka C_b diambil = 1,0} (Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004: 8)

6. Perhitungan diameter poros (d_s)

$$d_s = \left\{ \left(\frac{5,1}{\tau_a} \right) \times K_t \times C_b \times T \right\}^{1/3} \rightarrow T = 1215,3 \text{ kg.mm}$$

$$= \left\{ \left(\frac{5,1}{3,08} \right) \times 2 \times 2 \times 1215,3 \right\}^{1/3}$$

$$= 20,01 \text{ mm} \approx 20 \text{ mm}$$

Diameter poros $d_s = 20 \text{ mm}$

7. Tegangan geser yang terjadi yaitu:

$$\tau = \frac{T}{\left(\frac{\pi \cdot d_s^3}{16} \right)} = \frac{5,1 \cdot T}{d_s^3}$$

$$\tau = \frac{5,1 \times 1215,3 \text{ kg.mm}}{20^3 \text{ mm}^3}$$

$$\tau = 0,77 \text{ kg/mm}^2$$

8. Dengan diameter poros ideal 20 mm seperti perhitungan di atas, tegangan geser yang terjadi yaitu 0,77 kg/mm² lebih kecil dari pada tegangan geser

yang diizinkan untuk bahan St 37 yaitu 3,08 kg/mm². Sehingga poros transmisi dengan diameter 20 mm aman untuk digunakan.

9. Defleksi puntiran

Besarnya deformasi yang disebabkan oleh momen puntir harus diperhitungkan juga. Baja mempunyai modulus geser $G = 8,3 \times 10^3$ kg/mm². Poros yang dipasang pada mesin umum dalam kondisi kerja normal, besarnya defleksi puntiran dibatasi sampai 0,25° atau 0,3° (Sularso dan Kiyokatsu Suga, 1991:18). Pemakaian rumus ASME lebih dianjurkan dengan metoda sebagai berikut:

$$\theta = 584 \times \frac{T \cdot l}{G \cdot d^4} \dots\dots\dots \text{(Sularso dan Kiyokatsu Suga, 1991:18)}$$

$$\theta = 584 \times \frac{1215,3 \times 235}{8 \cdot 10^3 \times 20^4}$$

$$\theta = 584 \times \frac{285595,5}{1280000000}$$

$$\theta = \frac{166787772}{1280000000}$$

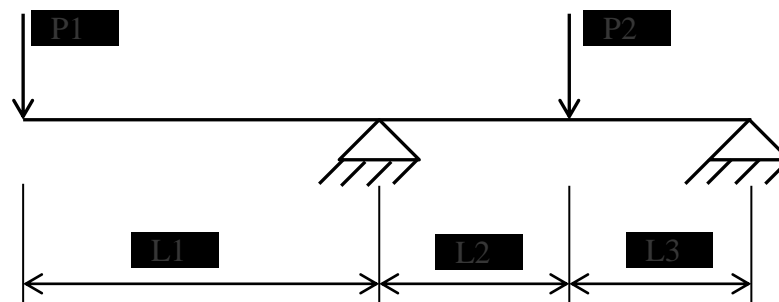
$$\theta = 0,13^\circ$$

Berdasarkan perhitungan di atas diketahui bahwa defleksi yang terjadi masih dibawah defleksi maksimal ($0,13^\circ < 0,3^\circ$) sehingga tergolong aman.

Untuk mengetahui apakah diameter yang dipilih tersebut aman atau tidak, maka pendekatan analisis yang dilakukan adalah pendekatan numerik dengan menggunakan *software Ansys* yang terintegrasi dalam

software Autodesk Inventor Profesional 2010 dengan memasukkan harga modulus elastisitas $E=206\text{Gpa}$.

Proses dan hasil analisis numerik dengan *software* tersebut dijelaskan selengkapny sebagai berikut:



Gambar 9. Model diagram analisis poros transmisi

Keterangan:

$L1$ = Jarak puli ke tumpuan 1 = 85 mm

$L2$ = Jarak tumpuan 1 ke puli amplas = 75 mm

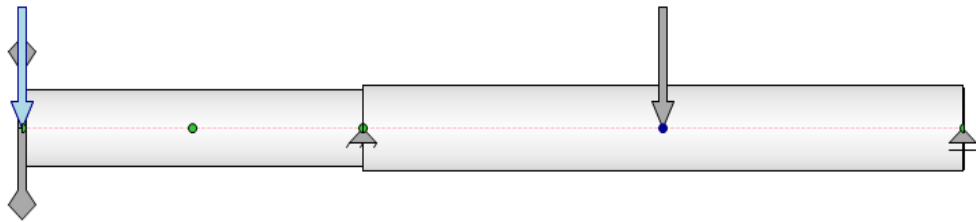
$L3$ = Jarak puli amplas ke tumpuan 2 = 75 mm

$P1$ = Beban puli 1 = 4,9 N

$P2$ = Beban puli amplas = 15,3 N

T = Torsi (Nm) = 11,91 Nm

Model diagram analisis poros transmisi di atas didekati dengan model yang digambarkan sebagai berikut.

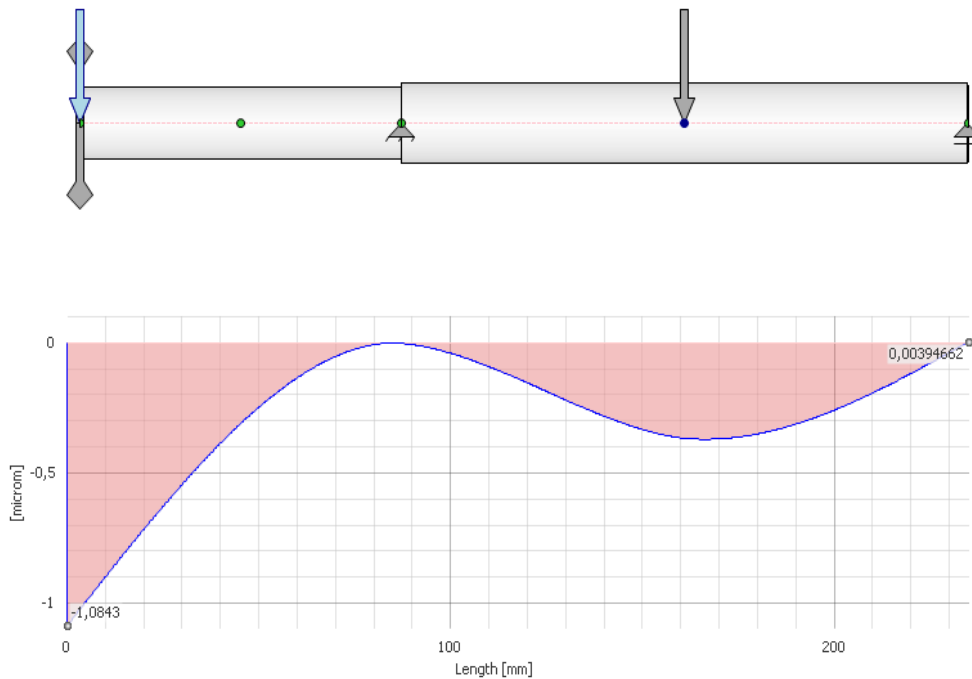


Gambar 10. Model diagram untuk perhitungan poros transmisi

Hasil perhitungan dengan menggunakan *software Ansys* yang terintegrasi dalam *software Autodesk Inventor Profesional 2010* diperoleh bahwa nilai defleksi maksimal yang terjadi adalah pada titik A yaitu defleksi terhadap sumbu Y ke bawah (negatif) sebesar $1,0843 \times 10^{-3}$ mm.

Referensi untuk bagian umum, batas defleksi yang disebabkan oleh pelengkungan/bending adalah sebesar 0,0005-0,003 in/in panjang (Robert L. Mott, 2009:113). Tingkat keamanan bahan dapat ditentukan berdasarkan panjang poros yaitu 235 mm, sehingga defleksi maksimal yang diizinkan sebesar 0,1175-0,705 mm.

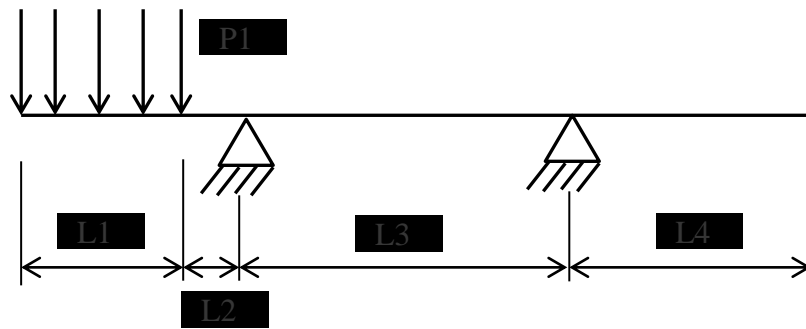
Karena defleksi yang terjadi pada poros lebih kecil daripada defleksi maksimal yang diizinkan, maka dapat dinyatakan bahwa konstruksi poros transmisi tersebut aman untuk digunakan. Secara visual, defleksi yang terjadi dapat dilihat dalam gambar berikut ini.



Gambar 11. Defleksi yang terjadi pada model konstruksi poros transmisi

Sedangkan untuk mengetahui apakah diameter poros *drill chuck* yang dipilih aman atau tidak, maka didekati dengan analisis yang sama yaitu dengan pendekatan numerik dengan menggunakan *software Ansys* yang terintegrasi dalam *software Autodesk Inventor Profesional 2010* dengan memasukkan harga modulus elastisitas $E=206\text{Gpa}$.

Proses dan hasil analisis numerik dengan *software Ansys* yang terintegrasi dalam *software Autodesk Inventor Profesional 2010* dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 12. Model diagram analisis poros *drill chuck*

Keterangan:

$L1 = 40 \text{ mm}$

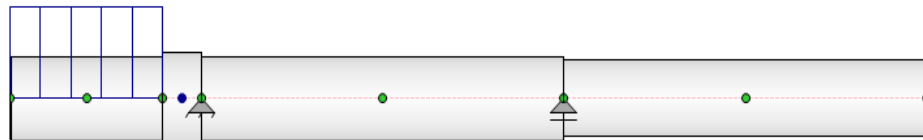
$L4 = 95 \text{ mm}$

$L2 = 10 \text{ mm}$

$P1 = \text{Beban } \textit{drill chuck} = 3,75 \text{ kg}$

$L3 = 95 \text{ mm}$

Model diagram analisis poros *drill chuck* di atas didekati dengan model yang digambarkan sebagai berikut.



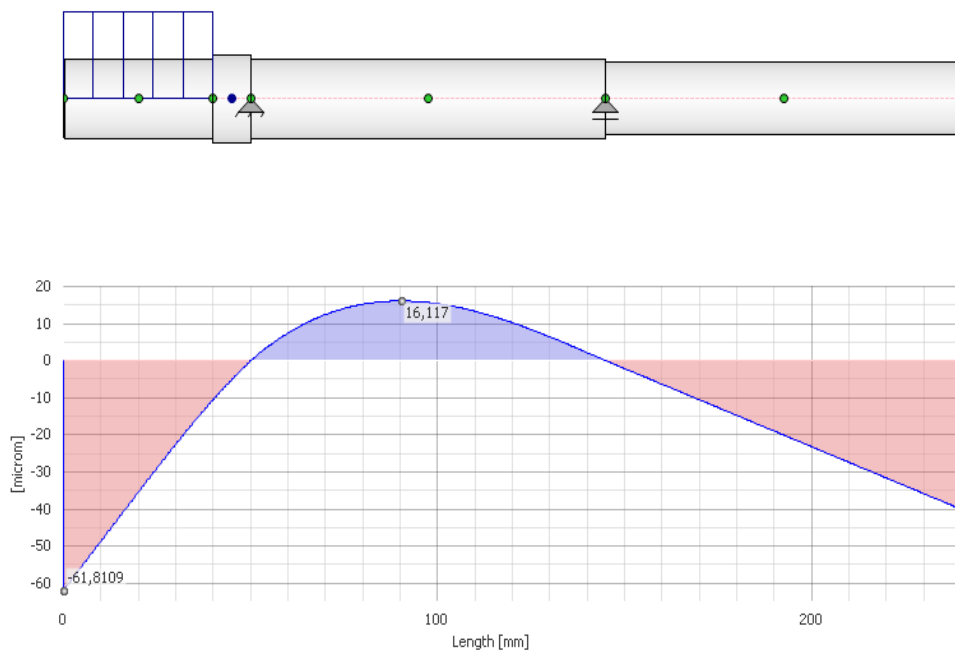
Gambar 13. Model diagram untuk perhitungan poros *drill chuck*

Hasil perhitungan dengan menggunakan *software Ansys* yang terintegrasi dalam *software Autodesk Inventor Profesional 2010* diperoleh bahwa nilai defleksi maksimal yang terjadi adalah pada titik A yaitu defleksi terhadap sumbu Y ke bawah (negatif) sebesar $61,8109 \times 10^{-3} \text{ mm}$.

Referensi untuk bagian umum, batas defleksi yang disebabkan oleh pelengkungan/*bending* adalah sebesar 0,0005-0,003 in/in panjang (Robert

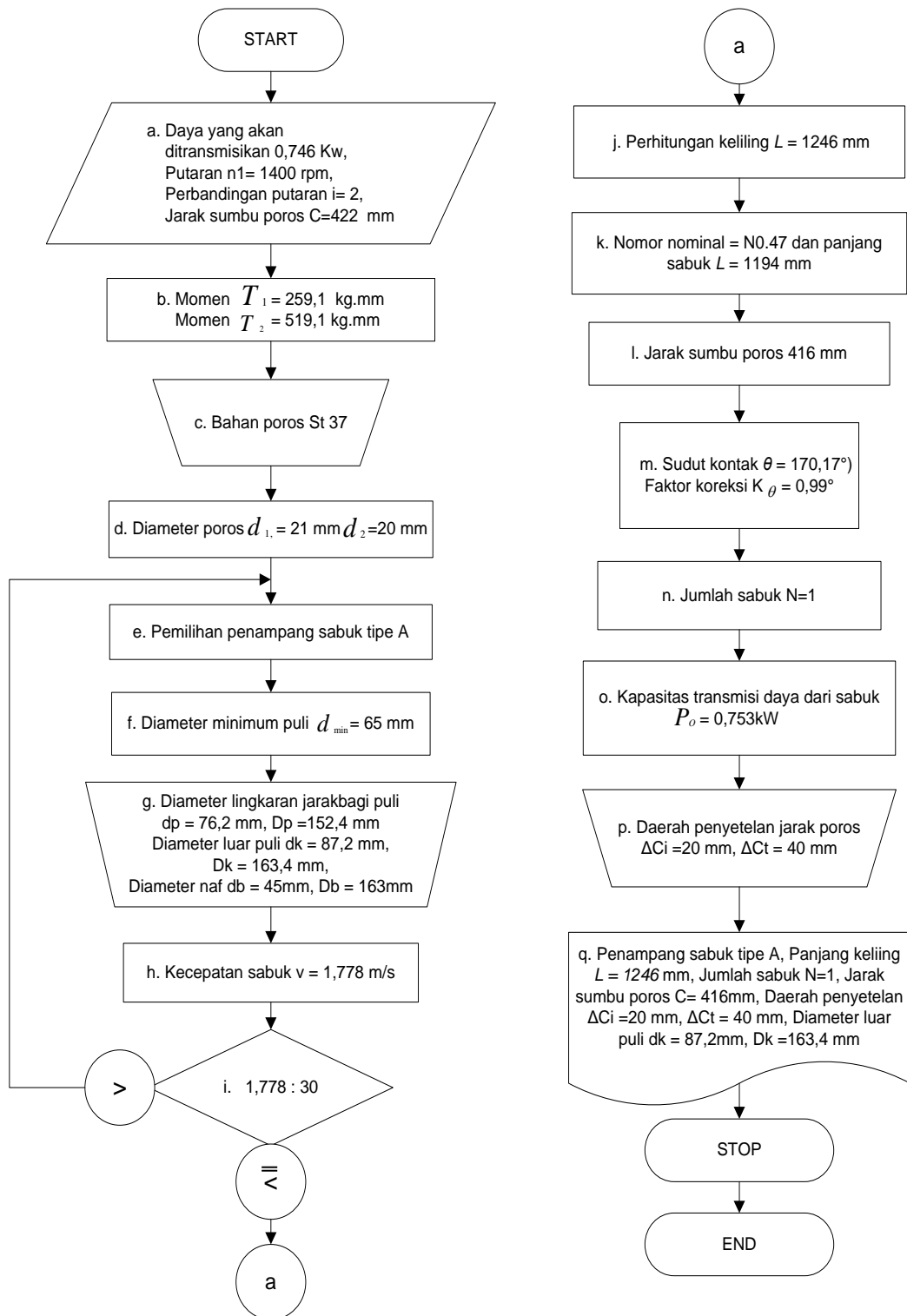
L. Mott, 2009:113). Tingkat keamanan bahan dapat ditentukan berdasarkan panjang poros yaitu 240 mm, sehingga defleksi maksimal yang diizinkan sebesar 0,12-0,72 mm.

Karena defleksi yang terjadi pada poros lebih kecil daripada defleksi maksimal yang diizinkan, maka dapat dinyatakan bahwa konstruksi poros *drill chuck* tersebut aman untuk digunakan. Secara visual, defleksi yang terjadi dapat dilihat dalam gambar berikut ini.



Gambar 14. Defleksi yang terjadi pada model konstruksi poros *drill chuck*

6. Perancangan dan Pemilihan Sabuk V (V-Belt)



Gambar 15. Diagram alir untuk memilih sabuk- V

Alur pemilihan sabuk-V tampak pada gambar . Diagram alir untuk memilih sabuk-V. Perhitungan dan pemilihan sabuk-V adalah:

a. Data yang diketahui :

$$P = \frac{1}{2} \text{ HP} = 0,746 \text{ kW}$$

$$n_1 = 1400 \text{ rpm}$$

$$n_2 = 700 \text{ rpm}$$

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1400}{700} = 2$$

$$C \approx 442 \text{ mm}$$

b. Momen (T_1, T_2)

$$T_1 = 9,74 \times 10^5 \times \left(\frac{P}{n_1} \right) = 9,74 \times 10^5 \times \left(\frac{0,746}{1400} \right)$$

$$= 259,1 \text{ kg.mm}$$

$$T_2 = 9,74 \times 10^5 \times \left(\frac{P}{n_2} \right) = 9,74 \times 10^5 \times \left(\frac{0,746}{700} \right)$$

$$= 519,1 \text{ kg.mm}$$

c. Bahan poros adalah St 37

d. Diameter poros (d_{s1}, d_{s2})

Diameter poros mengacu pada poros yang ada pada motor listrik dan poros transmisi yang telah ditentukan sebelumnya yaitu :

$$d_{s1} = 21 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = 20 \text{ mm}$$

e. Penampang sabuk-V yang dipilih : tipe A.

f. Diameter minimum puli (d_{min}) yangizinkan adalah 65 mm (lihat lampiran 8), dan yang digunakan adalah 76,2 mm.

g. Diameter lingkaran jarak bagi puli (d_p, D_p)

$$d_p = 76,2 \text{ mm}$$

$$D_p = d_p \times i = 76,2 \times 2 = 152,4 \text{ mm (6 inch)}$$

Diameter luar puli (d_k, D_k)

$$d_k = d_p + (2 \times 5,55) = 76,2 + (2 \times 5,5) = 87,2 \text{ mm}$$

$$D_k = D_p + (2 \times 5,55) = 152,4 + (2 \times 5,5) = 163,4 \text{ mm}$$

Diameter naf (d_B, D_B)

$$d_B = \frac{5}{3} d_{S1} + 10 = \frac{5}{3} 21 + 10 = 45 \text{ mm}$$

$$D_B = \frac{5}{3} d_{S2} + 10 = \frac{5}{3} 20 + 10 = 43,3 \text{ mm}$$

h. Kecepatan sabuk (v)

$$v = \frac{d_p \cdot n_1}{60 \times 1000} = \frac{76,2 \times 1400}{60000} = 1,778 \text{ m/s}$$

i. Putaran sabuk lebih rendah dari kecepatan maksimum

$$(1,778 \text{ m/s} < 30 \text{ m/s}) \longrightarrow \text{baik}$$

j. Panjang keliling (L)

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (d_P + D_P) + \frac{1}{4C} (D_P - d_P)^2$$

$$L = 2.442 + \frac{3,14}{2} (76,2 + 152,4) + \frac{1}{4.442} (152,4 - 76,2)^2$$

$$L = 884 + 358,9 + 3,28$$

$$L = 1246,18 \text{ mm}$$

k. Nomor nominal sabuk-V yang dipilih dan ada di pasaran = No.47

dengan L = 1194 mm. (lampiran 9)

l. Jarak sumbu poros (C)

$$\begin{aligned}
 b &= 2L - 3,14(D_P + d_P) \\
 &= 2 \times 1194 - 3,14(152,4 + 76,2) \\
 &= 2388 - 717,8 \text{ mm} \\
 &= 1670,2 \text{ mm} \\
 C &= \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D_P - d_P)^2}}{8} \\
 &= \frac{1670,2 + \sqrt{1670,2^2 - 8(152,4 - 76,2)^2}}{8} \\
 &= \frac{1670,2 + \sqrt{2789568,04 - 464551,5}}{8} \\
 &= \frac{1670,2 + \sqrt{2743116,54}}{8} \\
 &= \frac{1670,2 + 1656,2}{8} = 415,8 \text{ mm} \longrightarrow 416 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

m. Sudut kontak (θ)

$$\theta = 180^\circ - \frac{57(D_P - d_P)}{C} = 180^\circ - \frac{57(152,4 - 76,2)}{442} = 170,17^\circ$$

Faktor koreksi (K_θ) = 0,99° (lampiran 10)

n. Jumlah sabuk yang digunakan (N) = 1

o. Kapasitas transmisi daya P_o (kW) sabuk

$$P_o = \frac{P}{N \cdot K_\theta} = \frac{0,746}{1 \cdot 0,99} = 0,753 \text{ kW}$$

p. Daerah penyetelan jarak sumbu poros ($\Delta C_i, \Delta C_t$) \longrightarrow (lampiran 11)

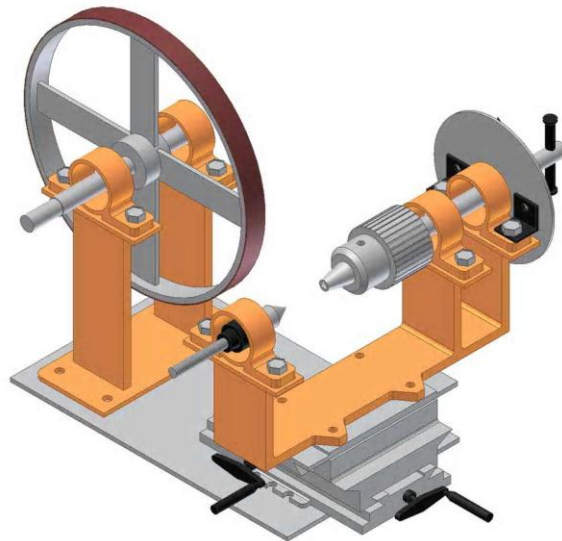
$$\Delta C_i = 20 \text{ mm}$$

$$\Delta C_t = 40 \text{ mm}$$

Jadi, sabuk yang digunakan adalah tipe A, $L = 1194$ mm, No 47, jumlah sabuk 1 buah, $d_k = 87,2$ mm, $D_k = 163,4$ mm, jarak sumbu poros $416^{+40}_{-20} \text{ (mm)}$ mm.

7. Analisis pada Konstruksi Dudukan *Camshaft*

Dalam mesin modifikasi *camshaft* terdapat 2 buah dudukan. Yaitu, dudukan pully dan dudukan *camshaft*. Dudukan *camshaft* dalam mesin modifikasi *camshaft* adalah merupakan salah satu komponen yang vital, karena dudukan ini yang akan menahan *camshaft* pada saat proses pengerjaan modifikasi.



Gambar 16. Dudukan *camshaft*

Konstruksi dudukan *camshaft* menggunakan bearing yang dipasangkan diatas dudukan *camshaft* sebagai tumpuan poros dan *drill chuck*. Penggunaan *bearing* juga untuk mengurangi gesekan dengan poros.

Dudukan *camshaft* diletakan di atas eretan melintang dan eretan memanjang sehingga bisa digerakkan maju mundur maupun ke kanan kiri.

Untuk mengetahui jenis bahan beserta kekuatan tariknya, penulis melakukan uji kekerasan menggunakan alat *Universal Hardness Tester* dengan sistem pengujian *Vickers* pada bahan dudukan *camshaft* ini. Indentor yang digunakan adalah piramida intan bersudut 136° . Beban penekanan (P) pada alat uji yaitu 60 kg (588 N). Setelah dilakukan pengujian diperoleh harga kekerasan *Vickers* dengan memasukkan ke dalam rumus sebagai berikut :

$$VHN = \frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2}$$

$$VHN = \frac{(1,854 P)}{d^2}$$

Ket:

P = beban yang digunakan (kg)

d = panjang diameter rata-rata (mm)

θ = sudut antara permukaan intan yang berhadapan = 136°

Setelah dilakukan pengujian dan dengan memasukkan hasil pada persamaan diatas, maka diperoleh harga kekerasan *Vickers* pada Tabel 9, sebagai berikut:

Tabel 9. Harga Kekerasan *Vickers* Pada Bahan Dudukan *Camshaft*

No.	Pengujian Profil Siku	Panjang diagonal Rata-rata (mm)	Harga Kekerasan <i>Vickers</i> (kg/mm ²)	Rata-rata (kg/mm ²)
1	Percobaan 1	1,05	100,9	104,35
2	Percobaan 2	1	111,24	
3	Percobaan 3	1,05	100,9	

Dari rata-rata harga kekerasan *Vickers* yang telah didapat, penulis mengkonversikan uji kekerasan *Vickers* ke uji kekerasan *Brinell* maka dapat diperoleh dengan perincian perhitungan sebagai berikut:

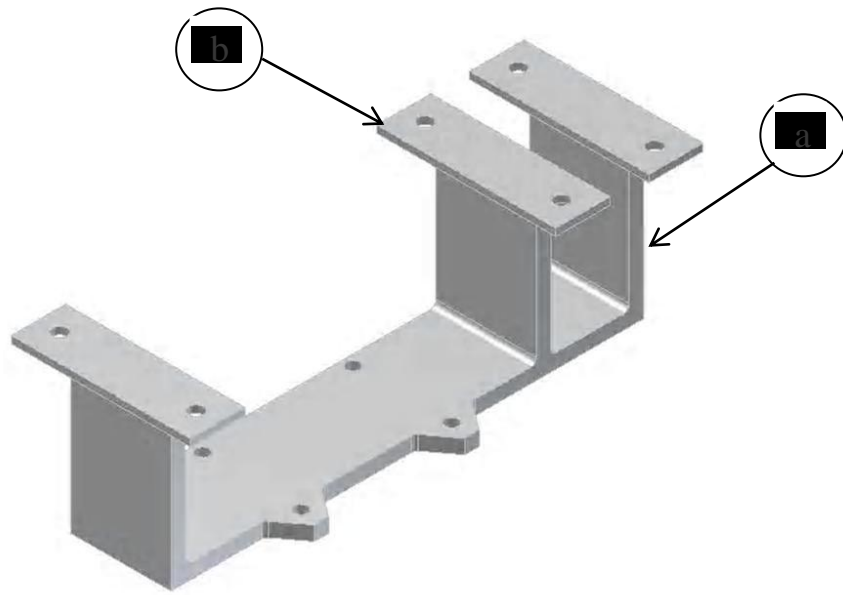
$$\text{VHN} = 104,35 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{BHN} = 0,95 \times \text{VHN}$$

$$\text{BHN} = 0,95 \times 104,35$$

$$\text{BHN} = 99,13 \text{ kg/mm}^2$$

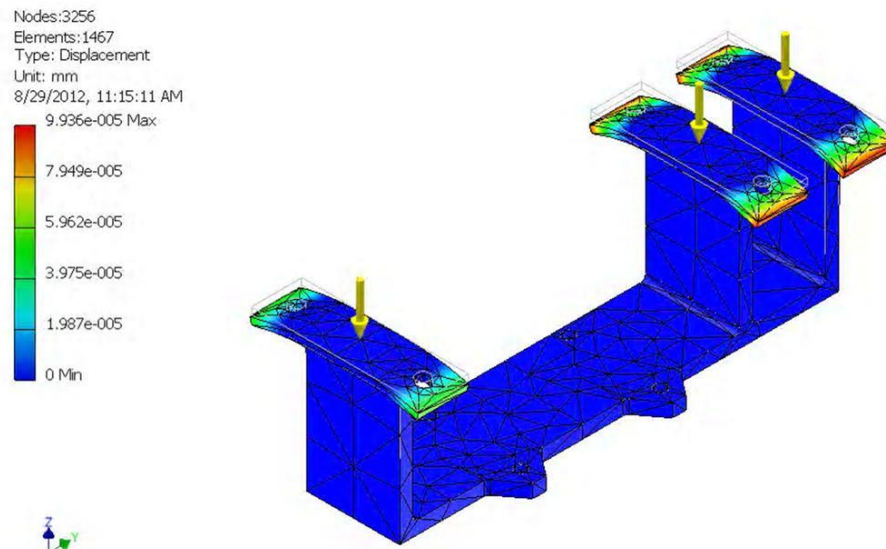
Dengan nilai kekerasan *Brinell* 99,13 kg/mm², menurut tabel DIN 17100 pada lampiran 2, bahan ini termasuk jenis baja karbon dengan unsur karbon 0,17 %. Dalam hal ini unsur karbon di dalam baja dikategorikan menjadi empat (4): baja karbon rendah (unsur karbon kurang dari 0,15%), baja karbon lunak (unsur karbon 0,15-0,29%), baja karbon sedang (unsur karbon 0,30-0,59%), dan baja karbon tinggi (unsur karbon 0,60-1,70%). Dari data diatas maka bahanudukan *camshaft* termasuk di dalam baja karbon lunak (St 34) dengan ketebalan 10 mm untuk (a), dan 5 mm untuk (b), dengan asumsi $E = 220 \text{ GPa}$, *poisson's ratio* = 0,3.



Gambar 17. Ketebalan dudukkan *camshaft*

Di titik (a) dan (b) dudukan *camshaft* akan menahan beban tekan sebesar $3 \text{ kg} = 30 \text{ N}$ ($g = 10 \text{ m/s}^2$) sehingga masing akan menahan beban sebesar 15 N . Sedangkan untuk di titik c akan menahan beban poros dan *bearing* sebesar $0,75 \text{ kg} = 7,5 \text{ N}$ ($g = 10 \text{ m/s}^2$). Defleksi yang diizinkan sebesar $0,0625\text{-}0,375 \text{ mm}$.

Untuk mengetahui apakah konstruksi dudukan *camshaft* ini aman atau tidak, maka penulis melakukan pendekatan analisis dengan pendekatan numerik menggunakan *software Ansys* yang terintegrasi dalam *software Autodesk Inventor Profesional 2010*. Hasil analisisnya adalah sebagai berikut.



Gambar 18. Defleksi yang terjadi padaudukan *camshaft*

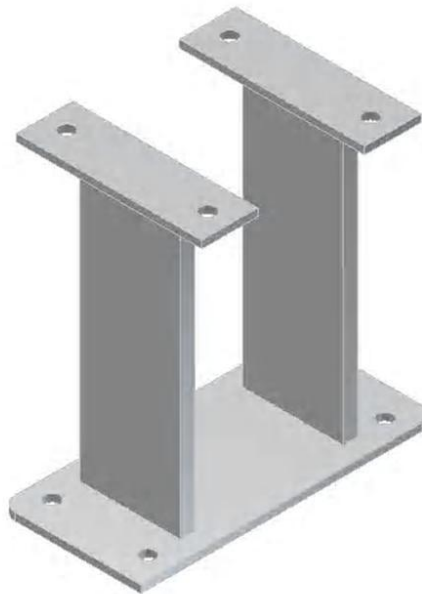
Tabel 10. Data hasil analisis dudukan *camshaft*

Name	Minimum	Maximum
Volume	514147 mm ³	
Mass	4.0412 kg	
Von Mises Stress	0.0000000512234 MPa	0.16898 MPa
1st Principal Stress	-0.11256 MPa	0.123697 MPa
3rd Principal Stress	-0.271162 MPa	0.032242 MPa
Displacement	0 mm	0.0000993629 mm

Hasil analisis menunjukan defleksi maksimal yang terjadi adalah 0,00009936 mm, harga ini lebih kecil dari harga defleksi maksimal yang diizinkan. Dengan demikian, dudukan *camshaft* dapat dikatakan aman dalam menahan gaya-gaya yang bekerja.

8. Analisis pada Konstruksi Dudukan Puly

Dudukan puly pada mesin modifikasi *camshaft* berfungsi sebagai tempat melekatnya *bearing*, poros dan puly amplas. Kontruksi dudukan puly ini sama dengan dudukan *camshaft*, yaitu sama-sama terdapat *bearing* yang ditumpu oleh plat strip ketebalan 5 mm. Bahan yang digunakan pada dudukan puly yaitu St 34 dengan asumsi $E = 220 \text{ GPa}$, *poisson's ratio* = 0,3.



Gambar 19. Dudukan puly mesin modifikasi *camshaft*

Dudukan puly akan menerima beban total dari poros transmisi, 2 buah *bearing* dan juga puly amplas sebesar $5 \text{ kg} = 50 \text{ N}$ ($g = 10 \text{ m/s}^2$) yang masing-masing plat strip akan menerima beban sebesar 25 N. Dudukan puly juga menerima momen di titik c yaitu 940,65 Nmm dan di titik d

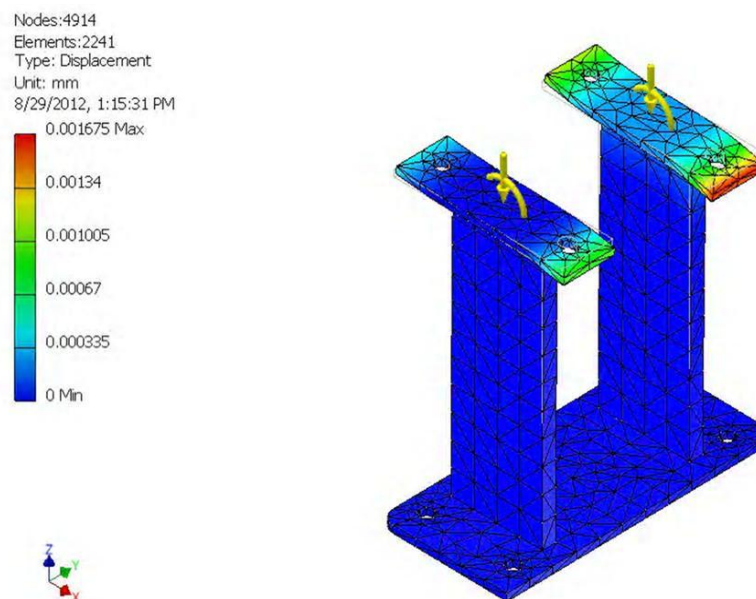
yaitu 1573,65 Nmm. Defleksi maksimal yang diizinkan yaitu sebesar 0,0625-0,375 (Robert L. Mott, 2009:113).

Untuk mengetahui apakah konstruksi dudukan pully ini aman atau tidak, maka penulis melakukan pendekatan analisis dengan pendekatan numerik menggunakan *software Ansys* yang terintegrasi dalam *software Autodesk Inventor Profesional 2010*. Hasil analisisnya adalah sebagai berikut.

Tabel 11. Data hasil analisis dudukan pully

Name	Minimum	Maximum
Volume	398904 mm ³	
Mass	3.13538 kg	
Von Mises Stress	0.000000974241 MPa	2.0589 MPa
1st Principal Stress	-0.927628 MPa	1.90602 MPa
3rd Principal Stress	-2.82632 MPa	0.612755 MPa
Displacement	0 mm	0.00167518 mm

Secara visual, hasil defleksi dapat dilihat sebagai berikut.



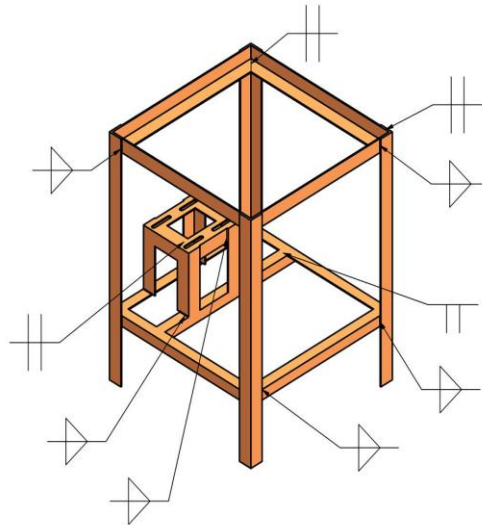
Gambar 20. Defleksi yang terjadi pada dudukan pully

Hasil analisis menunjukkan defleksi maksimal yang terjadi adalah 0,00167518 mm, harga ini lebih kecil dari harga defleksi maksimal yang diizinkan. Dengan demikian,udukan pully dapatkan dikatakan aman dalam menahan gaya-gaya yang bekerja.

9. Analisis Konstruksi Rangka Mesin

Rangka mesin adalah sebuah struktur yang menjadi bentuk dasar yang menopang dan membentuk mesin. Rangka pada mesin modifikasi *camshaft* terbentuk dari susunan batang profil L berukuran 40 x 40 x 3 mm. Rangka ini dirangkai dengan sambungan pengelasan. Pengelasan adalah menyambungkan dua bagian logam dengan cara memanaskan sampai suhu leburnya. Pengelasan yang dilakukan pada mesin modifikasi *camshaft* ini menggunakan las SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) dengan jenis sambungan I dan *fillet*.

Dipilihnya menggunakan las SMAW karena dapat digunakan untuk mengelas baja karbon jenis apapun, sesuai untuk mengelas profil L yang digunakan sebagai rangka mesin modifikasi *camshaft*. Selain itu dapat menghemat biaya produksi dibandingkan dengan pengelasan tipe lain.



Gambar 21. Konstruksi Rangka Mesin Modifikasi *Camshaft*

Untuk mengetahui jenis bahan beserta kekuatannya, penulis melakukan uji kekerasan menggunakan alat *Universal Hardness Tester* dengan sistem pengujian *Vickers* pada bahan rangka ini. Indentor yang digunakan adalah piramida intan bersudut 136° . Beban penekanan (P) pada alat uji yaitu 60 kg (588 N). Setelah dilakukan pengujian diperoleh harga kekerasan *Vickers* dengan memasukkan ke dalam rumus sebagai berikut :

$$VHN = \frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2}$$

$$VHN = \frac{(1,854 P)}{d^2}$$

Ket:

P = beban yang digunakan (kg)

d = panjang diameter rata-rata (mm)

θ = sudut antara permukaan intan yang berhadapan = 136°

Setelah dilakukan pengujian dan dengan memasukkan hasil pada persamaan diatas, maka diperoleh harga kekerasan *Vickers* pada Tabel 12. sebagai berikut:

Tabel 12. Harga Kekerasan *Vickers* Pada Bahan Profil Baja Siku Rangka

No.	Pengujian Profil Siku	Panjang diagonal Rata-rata (mm)	Harga Kekerasan <i>Vickers</i> (kg/mm ²)	Rata-rata (kg/mm ²)
1	Percobaan 1	1	111,24	99,91
2	Percobaan 2	1	111,24	
3	Percobaan 3	1,2	77,25	

Dari rata-rata harga kekerasan *Vickers* yang telah didapat, penulis mengkonversikan uji kekerasan *Vickers* ke uji kekerasan *Brinell* maka dapat diperoleh dengan perincian perhitungan sebagai berikut:

$$\text{VHN} = 99,91 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{BHN} = 0,95 \times \text{VHN}$$

$$\text{BHN} = 0,95 \times 99,91$$

$$\text{BHN} = 94,91 \text{ kg/mm}^2$$

Dengan nilai kekerasan *Brinell* 94,91 kg/mm², menurut tabel DIN 17100 pada lampiran 2, bahan ini termasuk jenis baja karbon dengan unsur karbon 0,2 %. Dalam hal ini unsur karbon di dalam baja dikategorikan menjadi empat (4): baja karbon rendah (unsur karbon kurang dari 0,15%), baja karbon lunak (unsur karbon 0,15-0,29%), baja karbon sedang (unsur karbon 0,30-0,59%), dan baja karbon tinggi (unsur karbon 0,60-1,70%). Dari data diatas maka termasuk di dalam baja karbon lunak St 34 dengan modulus elastisitas $E=220 \text{ GPa}$ dan *poisson's ratio* $\nu = 0,275$.

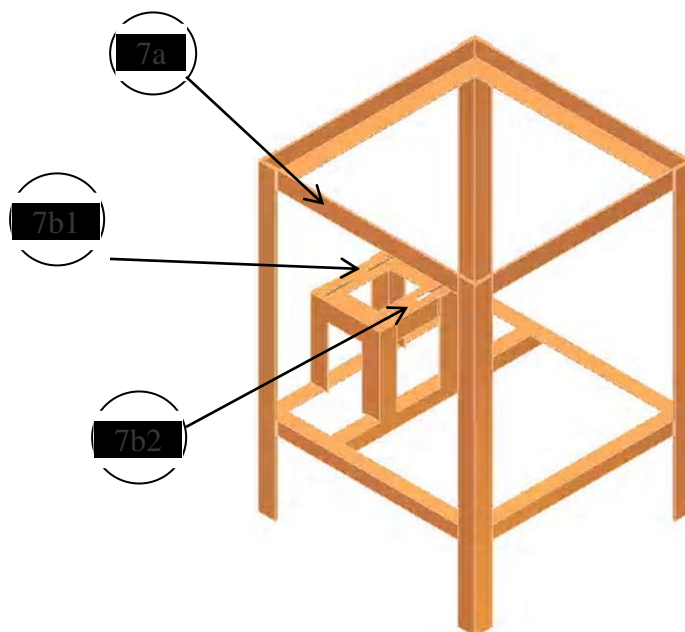
Secara analisis, beban pada konstruksi rangka mesin modifikasi *camshaft* merupakan hasil reaksi proses pengamplasan *camshaft* dan sebagian beban aksi dari beberapa komponen mesin. Beban reaksi merupakan beban yang timbul akibat beban T penggerak terhadap benda kerja pada proses pengamplasan. Sedangkan beban aksi yang timbul adalah massa mesin dan beberapa elemen yang tersusun pada sistem transmisi terhadap konstruksi rangka.

Untuk mempermudah analisis maka dilakukan identifikasi beban yang bekerja dengan ilustrasi gambar di bawah ini. Dari gambar dapat diketahui bahwa konstruksi rangka akan menahan massa dari motor listrik, massa mesin dan komponen bagian atas, serta momen yang terjadi karena tegangan pada *belt*.



Gambar 22. Konstruksi rangka mesin dan beban yang bekerja

Analisis rangka dilakukan per-batang menggunakan *software Ansys* yang terintegrasi dalam *software Autodesk Inventor Profesional 2010* sehingga mempermudah perhitungan dengan memasukan gaya-gaya yang bekerja. Adapun batang yang di analisis adalah batang yang mengalami beban kritis saja, yaitu batang menyangga mesin utama (atas) dan motor listrik seperti dalam gambar di bawah ini.



Gambar 23. Batang-batang pada rangka yang menerima beban kritis

Untuk melakukan analisis, data-data dan yang diperlukan adalah sebagai berikut.

- a. Massa motor listrik = 4 kg (2 kg pada tiap batang ≈ 20 N)
- b. Massa komponen mesin bagian atas :
 - 1) Papan kayu = 10 kg
 - 2) Catok *cross* = 7 kg

3) <i>Drill chuck</i>	= 3 kg
4) Dudukan <i>camshaft</i>	= 4 kg
5) Dudukan pully	= 3 kg
6) Landasan catok <i>cross</i>	= 2 kg
7) Puly amplas	= 1,5 kg
8) Puly transmisi (2 buah)	= 1 kg
9) Poros	= 1 kg
<hr/>	
Total	= 32,5 kg \approx 33 kg \approx 330 N

$$(g = 10 \text{ m/s}^2)$$

Beban yang dialami masing-masing batang rangka atas adalah

$$330 : 4 = 8,25 \text{ N.}$$

c. Momen yang terjadi karena tegangan pada *V-belt*

$$\text{Diketahui : } T_1 = 259,1 \text{ kg.mm}$$

$$T_2 = 519,1 \text{ kg.mm}$$

$$T_1 : \text{puly motor listrik} = 259,1 : 76,2 = 3,4 \text{ kg} \approx 34 \text{ N}$$

$$T_2 : \text{puly poros transmisi} = 519,1 : 152,4 = 3,4 \text{ kg} \approx 34 \text{ N}$$

Maka,

Momen yang terjadi pada batang 7a adalah :

$$(34 \text{ N} \times 125 \text{ mm}) : 2 = 2125 \text{ Nmm.}$$

Momen yang terjadi pada 7b1 dan 7b2 adalah :

$$(34 \text{ N} \times 90 \text{ mm}) : 2 = 1530 \text{ Nmm.}$$

1) Batang 7a

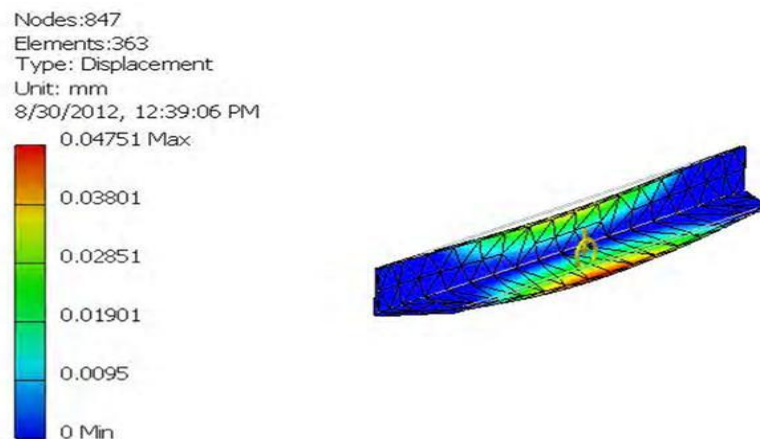
Referensi untuk bagian mesin umum, batas defleksi yang disebabkan oleh pelengkungan/bending adalah sebesar 0,0005-0,003 in/in panjang (Robert L. Mott, 2009:113). Untuk mengetahui tingkat keamanan, ditentukan dari panjang batang siku 7a yaitu 500 mm, sehingga defleksi maksimal yang diizinkan sebesar 0,25-1,5 mm.

Batang 7a dalam konstruksi rangka akan menerima beban akibat komponen bagian atas sebesar 8,25 N, serta momen yang terjadi karena tegangan pada belt akibat torsi kerja sebesar 2125 Nmm. Proses dan hasil analisis selengkapnya adalah sebagai berikut.

Tabel 13. Data hasil analisis batang 7a

Name	Minimum	Maximum
Volume	111393 mm ³	
Mass	0.875549 kg	
Von Mises Stress	0.149549 MPa	10.3374 MPa
1st Principal Stress	-1.11845 MPa	6.85859 MPa
3rd Principal Stress	-11.1855 MPa	1.59218 MPa
Displacement	0 mm	0.047513 mm

Hasil analisis menunjukkan defleksi maksimal yang terjadi adalah 0,047513 mm, harga ini lebih kecil dari harga defleksi maksimal yang diizinkan. Dengan demikian, batang 7a dapat dikatakan aman dalam menahan gaya-gaya yang bekerja. Secara visual, hasil defleksi dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 24. Defleksi yang terjadi pada batang 7a

2) Batang 7b1

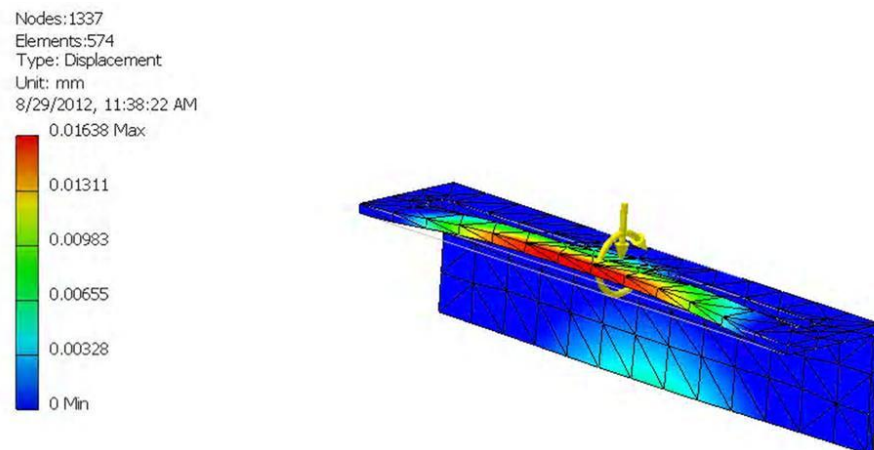
Batang 7b1 dalam konstruksi rangka akan menahan beban dari massa motor listrik sebesar 20 N dan momen akibat tegangan belt karena torsi kerja sebesar 1530 Nmm. Defleksi maksimal yang diizinkan sebesar 0,09-0,5401 mm. Proses dan hasil analisis selengkapanya ditampilkan sebagai berikut.

Tabel 14. Data hasil analisis batang 7b1

Name	Minimum	Maximum
Volume	37810.9 mm ³	
Mass	0.297194 kg	
Von Mises Stress	0.017812 MPa	0.755843 MPa
1st Principal Stress	-0.302867 MPa	0.552744 MPa
3rd Principal Stress	-0.916438 MPa	0.169262 MPa
Displacement	0 mm	0.0011357 mm

Berdasarkan hasil analisis di atas menunjukkan bahwa defleksi maksimal yang terjadi adalah 0,0011347 mm, harga ini lebih kecil dari harga defleksi maksimal yang diizinkan.

Dengan demikian, batang 7b1 dapatkan dikatakan aman dalam menahan gaya-gaya yang bekerja.



Gambar 25. Defleksi yang terjadi pada batang 7b1

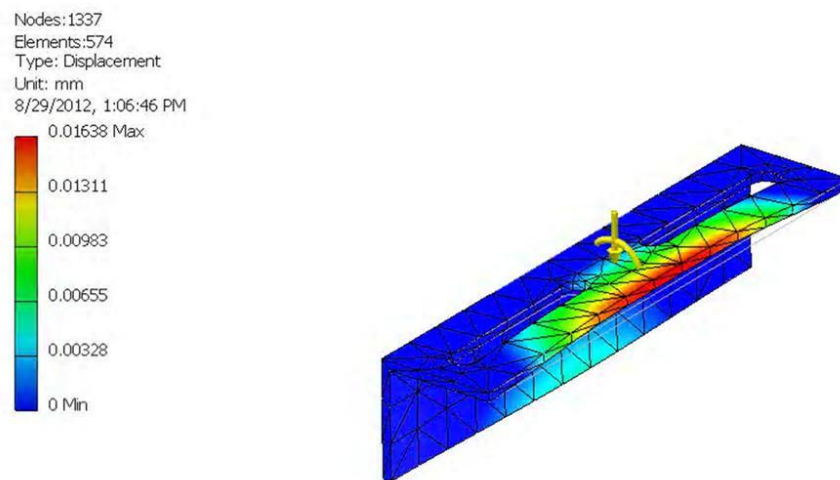
3) Batang 7b2

Batang 7b2 merupakan pasangan dari batang 7b1 dalam konstruksi rangka, dan akan menahan beban dari massa motors listrik sebesar 20 N dan momen akibat tegangan *belt* karena torsi kerja sebesar 1530 Nmm. Defleksi maksimal yang iizinkan sebesar 0,09-0,5401 mm. Proses dan hasil analisis selengkapnya ditampilkan sebagai berikut.

Tabel 15. Data hasil analisis batang 7b2

Name	Minimum	Maximum
Volume	37810.9 mm ³	
Mass	0.297194 kg	
Von Mises Stress	0.0708692 MPa	4.05604 MPa
1st Principal Stress	-2.00041 MPa	4.49337 MPa
3rd Principal Stress	-5.86551 MPa	1.12874 MPa
Displacement	0 mm	0.00828733 mm

Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa maksimal yang terjadi adalah 0,00828733 mm, harga ini lebih kecil dari harga defleksi maksimal yang diizinkan. Dengan demikian, batang 7b2 dapatkan dikatakan aman dalam menahan gaya-gaya yang bekerja. Secara visual, hasil defleksi dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 26. Defleksi yang terjadi pada batang 7b2

C. Perhitungan Harga pokok Produk

Perhitungan seluruh biaya proses produksi harus dihitung secara rinci. Perhitungan tersebut nantinya digunakan untuk menentukan harga suatu produk. Penentuan harga mesin dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 16. Biaya desain mesin modifikasi *camshaft*

Macam Biaya	Macam Pekerjaan	Bahan (Rp)	Alat (Rp)	Tenaga (Rp)	Jumlah
A. Biaya Desain	Survey		50.000	50.000	100.00
	Analisis			50.000	50.000
	Gambar	50.000	50.000	50.000	150.00
				Jumlah	300.000

Tabel 17. Biaya pembelian komponen mesin modifikasi *camshaft*

Macam Biaya	Macam Pekerjaan	Biaya Pembelian (BP)	Biaya Perakitan (10% x BP)	Jumlah
B. Biaya Pembelian dan Perakitan Komponen	Motor Listrik	Rp. 600.000	Rp. 60.000	Rp. 660.000
	<i>Pulley 3'' dan 6''</i>	Rp. 60.000	Rp. 6.000	Rp. 66.000
	<i>Pulley 12''</i>	Rp 40.000	Rp . 4.000	Rp. 44.000
	<i>V-Belt</i>	Rp. 23.000	Rp. 2.300	Rp. 25.300
	<i>Bearing</i>	Rp. 100.000	Rp. 10.000	Rp. 110.000
	<i>Driil Chuck</i>	Rp 170.000	Rp. 17.000	Rp. 187.000
	Cat dan <i>Thiner</i>	Rp. 41.000	Rp. 4.100	Rp. 45.100
	Baut dan Ring	Rp. 25.000	Rp. 2.500	Rp. 27.500
	Catok <i>Cross</i>	Rp. 500.000	Rp.50.000	Rp. 550.000
	Saklar	Rp. 30.000	Rp. 3.000	Rp. 33.000
	Kabel	Rp. 10.000	Rp. 1.000	Rp. 11.000
	Amplas	Rp. 15.000	Rp. 1.500	Rp. 16.500
			Jumlah	Rp. 1.775.400

Tabel 18. Biaya pembuatan mesin modifikasi *camshaft*

Macam Biaya	Macam Elemen	Bahan Baku	Bahan Penolong	Tenaga Kerja Langsung (TKL)	Biaya Overhead Pabrik (125% x TKL)	Jumlah
C. Biaya Pembuatan	Rangka	200.000	20.000	100.000	125.000	445.000
	Dudukan <i>camshaft</i>	100.000	25.000	75.000	93.750	293.750
	Poros Utama	50.000	15.000	30.000	37.500	132.500
	Poros Cekam	30.000	10.000	20.000	25.000	85.000
	Papan Kayu	100.000	10.000	20.000	25.000	155.000
	Landasan Catok <i>Cross</i>	20.000	10.000	15.000	18.750	63.750
	Busur Derajat	15.000	5.000	10.000	12.500	42.500
					Jumlah	1.217.500

Tabel 19. Biaya non produksi

D. Biaya Non Produksi	Macam Elemen	Jumlah
	Biaya Gudang (5% x C)	Rp. 60.875
	Biaya Perusahaan (5% x C)	Rp. 60.875
Jumlah		Rp. 121.750

Tabel 20. Perencanaan laba produksi

Macam Biaya	Macam Elemen	Jumlah
E. Laba yang di kehendaki	10% x (A+B+C+D)	Rp. 341.465

Tabel 21. Taksiran harga produk

Macam Biaya	Macam Elemen	Jumlah
F. Taksiran Harga Produk	$(A + B + C + D + E)$	Rp. 3.756.115

Besar harga pokok produk dari tabel di atas adalah Rp 3.756.115,-. Dari harga tersebut dibulatkan menjadi Rp 3.760.000,-.

D. Kelemahan – Kelemahan

Berdasarkan hasil desain dan analisis konstruksi mesin modifikasi *camshaft* kelemahan produk terdapat pada:

1. Tidak terdapatnya *dial indicator* di mesin modifikasi *camshaft*.
2. Dibutuhkan waktu yang lama dalam merakit mesin modifikasi *camshaft* ini.
3. Mesin modifikasi *camshaft* ini menggunakan pully yang dilapisi amplas sebagai pengganti batu gerinda, sehingga harus sering di ganti amplasnya.
4. Pada kaki-kaki rangka tidak terdapat peredam getaran akibat motor listrik sehingga menimbulkan getaran yang terlalu keras.
5. Papan kayu yang dilubangi pada bagian samping bisa mengurangi kekuatan papan kayu dalam menahan beban komponen atas mesin.

E. Perbandingan Mesin yang Sebelumnya dengan Mesin yang Baru

Tabel 22. Perbandingan Mesin yang Sebelumnya dengan Mesin yang Baru

No	Bagian	Mesin yang ada	Mesin Baru
1.	Pergerakan Dudukan <i>Camshaft</i>	Hanya ke samping saja	Bisa Maju mundur dan ke samping
2.	Ukuran <i>Camshaft</i> yang dikerjakan	Hanya ukuran tertentu saja	Bisa untuk semua jenis <i>camshaft</i> merek motor
3.	Harga Mesin	Rp 4.000.000,-	Rp 3.700.000,-
4.	Penampilan Mesin	Mesin tidak dicat	Mesin dicat agar lebih menarik konsumen
5.	Pengoperasian	Duduk dilantai atau jongkok	Duduk di kursi ataupun Berdiri
6.	Transmisi	Putaran motor langsung ke puli amplas	Putaran motor listrik di transmisikan ke puli poros kemudian ke puli amplas

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan hasil perancangan mesin modifikasi *camshaft* adalah sebagai berikut :

1. Mesin modifikasi *camshaft* ini menggunakan pully yang dilapisi oleh amplas untuk menggerinda *camshaft*. Mesin ini juga menggunakan eretan melintang dan memanjang untuk menggeser-geserkanudukan *camshaft* dan mesin ini menggunakan *driil chuck* sebagai pencekam *camshaft*, sehingga semua merek *camshaft* dapat dikerjakan. Dan spesifikasi dari mesin ini adalah sebagai berikut:
 - a. Kapasitas mesin : 1 *camshaft racing*/jam
 - b. Ukuran mesin : 500 mm x 500 mm x 1350 mm
 - c. Tenaga penggerak : motor listrik 1 HP
 - d. Rangka mesin : baja profil L berukuran 40 mm x 40 mm x 3 mm
 - e. Poros : *St 37* berdiameter 20 mm
 - f. Transmisi : puli 6" dan 3" dengan *v-belt* jenis A-47
2. Tingkat keamanan dari konstruksi mesin ini berdasarkan beberapa analisis mulai dari poros, rangka mesin sampai sistem transmisinya dapat digolongkan cukup baik karena memenuhi beberapa syarat, antara lain:
 - a. Konstruksi mesin yang kuat untuk menopang beban dan gaya-gaya yang bekerja pada mesin.
 - b. Memenuhi keselamatan kerja bagi pemakai.

3. Taksiran harga jual mesin modifikasi *camshaft* adalah Rp 3.760.000,-.

B. Saran

Perancangan mesin modifikasi *camshaft* ini masih jauh dari kata sempurna, baik dari segi kualitas bahan, panampilan, dan sistem kerja/fungsi. Oleh karena itu, untuk dapat menyempurnakan rancangan mesin ini perlu adanya pemikiran yang lebih jauh lagi dengan segala pertimbangannya. Beberapa saran untuk langkah yang dapat membangun dan menyempurnakan mesin ini adalah sebagai berikut :

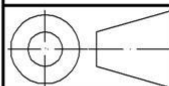
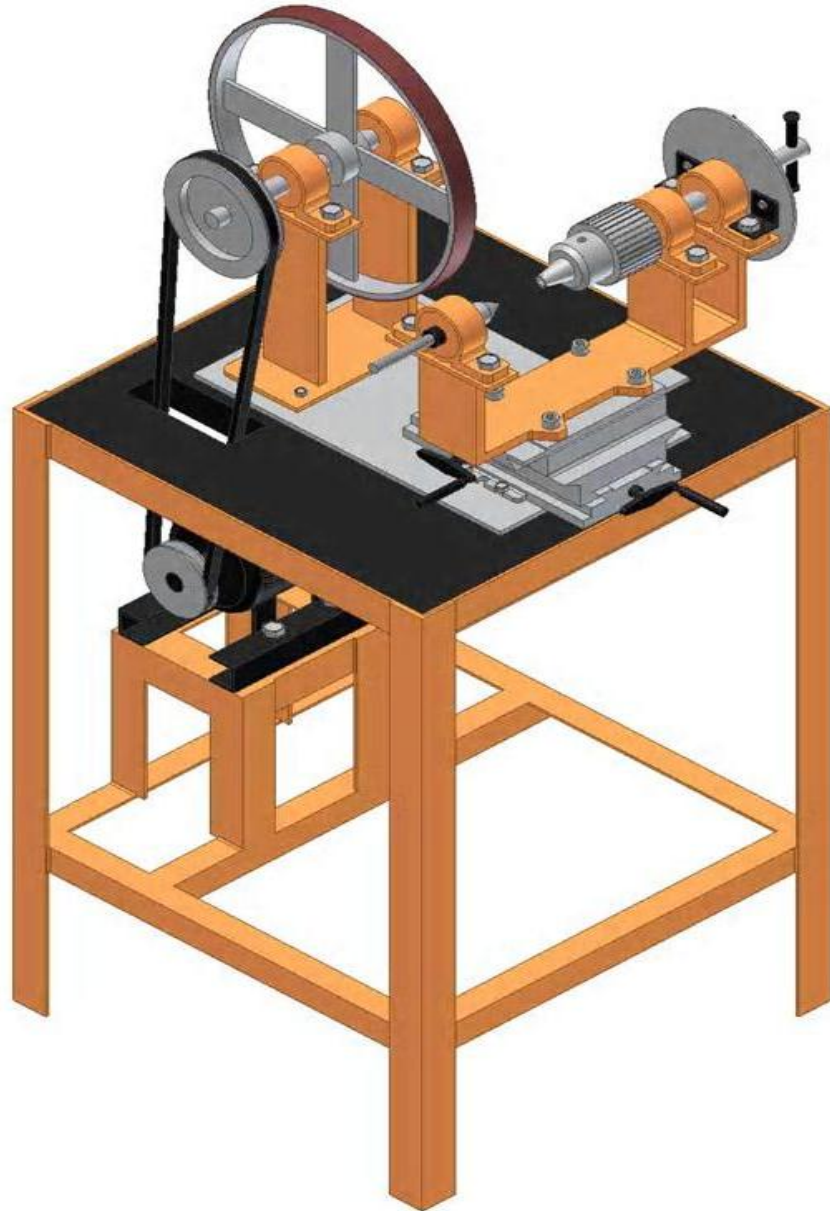
1. Perlu adanya penutup atau pelindung pada bagian sistem transmisi agar keamanan lebih terjamin dan menambah nilai jual produk.
2. Pada kaki-kaki rangka mesin sebaiknya diberi karet sebagai peredam getaran akibat dari motor listrik.
3. Sebaiknya pilihlah amplas yang berkualitas baik agar tidak sering mengganti-ganti amplas.
4. Karena mesin ini membutuhkan kepresisian yang cukup tinggi, sebaiknya pada saat penyetting mesin ini harus dilakukan dengan cermat sehingga bisa menghasilkan produk yang berkualitas.
5. Harga mesin modifikasi *camshaft* ini masih terlalu mahal, oleh karena itu diperlukan analisis lagi dalam pemilihan bahan yang lebih sesuai untuk mengurangi mahalnya biaya produksi sehingga didapatkan harga mesin yang lebih murah tapi hendaknya tidak membatasi kreasi dan inovasi perancangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Zainun. 1999. *Elemen Mesin 1*. Bandung : Refika Aditama.
- Boediono. 2008. *Ekonomi Mikro*. Yogyakarta : BPFE-Yogyakarta.
- Callister Jr., WD. 1997. *Materials Science and Engineering An Introduction*. 4th Edition. John Wiley and Sons. New York.
- Darmawan Harsokusoemo. (1999). *Pengantar Perancangan Teknik*. Jakarta: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi.
- Epsito and Thrower.R.J. 1991. *Machine Design*. New York: Delmar Publisher, Inc.
- G. Niemann. (1992). *Elemen Mesin Jilid 1* (Budiman, A., Priambodo, B. Terjemahan). Jakarta: Erlangga.
- Harsokoesoemo, D. 2000. *Pengantar Perancangan Teknik (Perancangan Produk)*. Jakarta : Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional.
- Jarwo Puspito. 2009. *Diktat Kuliah Perancangan Alat Dan Permesinan Bersinergi Dengan Karya Ilmiah Proyek Akhir*. Yogyakarta.
- Khurmi, R.S. dan Gupta, J.K. 1982. *Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House.
- Machfudz, M. (1989). *Akutansi Manajemen*. Yogyakarta:BPFE. UGM.
- Mott, Robert L. 2004. *Machine Element in Mechanical Design* : Fourth Edition. New Jersey : Pearson Education.
- Pahl, G. et al 2007. *Engineering Design : A Sytematic Approach*. London : Springer.
- Parjono dan Sirod Hantoro,S. 2002. *Gambar Mesin dan Merancang Praktis*. Liberty: Yogyakarta.
- Partadireja, A. 1996. *Pengantar Ekonomika*. Yogyakarta : Fakultas Ekonomi UGM. Cetakan ke-9.
- Rohyana, S. (1999). *Pengetahuan dan Pengolahan Bahan SMK Kelompok Teknologi dan Industri*. Bandung: Humaniora Utama Press (HUP).
- Saito, S dan Surdia, T. 2005. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita.

- Sato, G. Takesi. 2000. *Menggambar Mesin Menurut Standar Iso*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Shigley, J.E., dan Mitchell, L.D. (2000). *Perencanaan Teknik Mesin Edisi Keempat Jilid 1* (Harahap, G. Terjemahan). Jakarta: Erlangga.
- Sularso, dan Suga, K. 2004. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Surdia, T., dan Saito, S. 1995. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Cetakan ke-4. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Surono. 2010. *Laporan Proyek Akhir: Perancangan Mesin Pencetak Kulit Bola untuk Produksi Kulit Bola Kaki Berpola Segi Lima dan Segi Enam*. FT UNY.
- Tim Proyek Akhir. (2003). *Pedoman Proyek Akhir*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

Skala	: 1 : 15	Digambar	: Ibrahim H
Ukuran	: mm	Diperiksa	: Drs. Nurdjito, M.Pd
Tanggal	: 28-03-2012	Dilihat	:

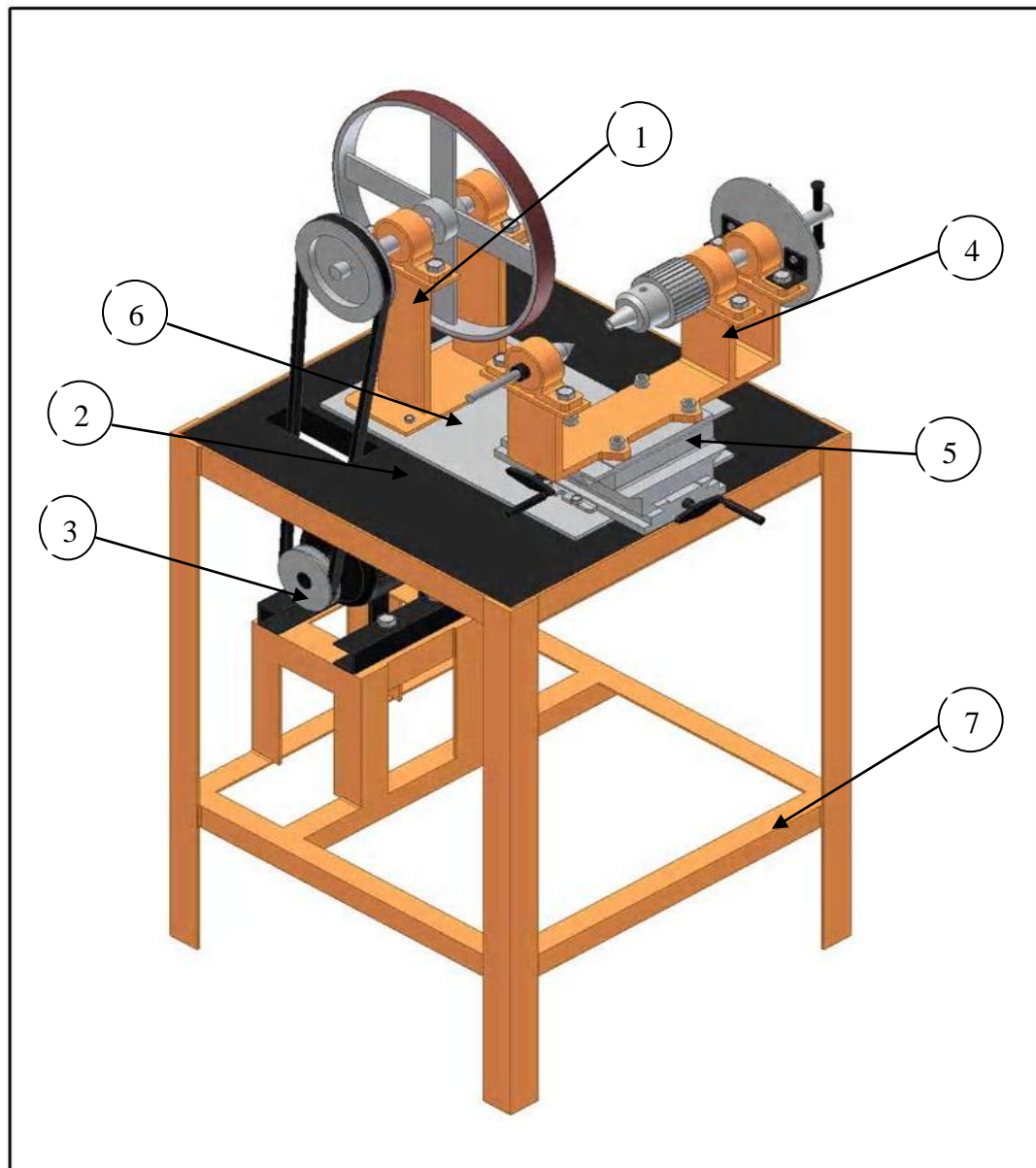
Peringatan :

TEKNIK MESIN

Mesin Modifikasi *Camshaft*

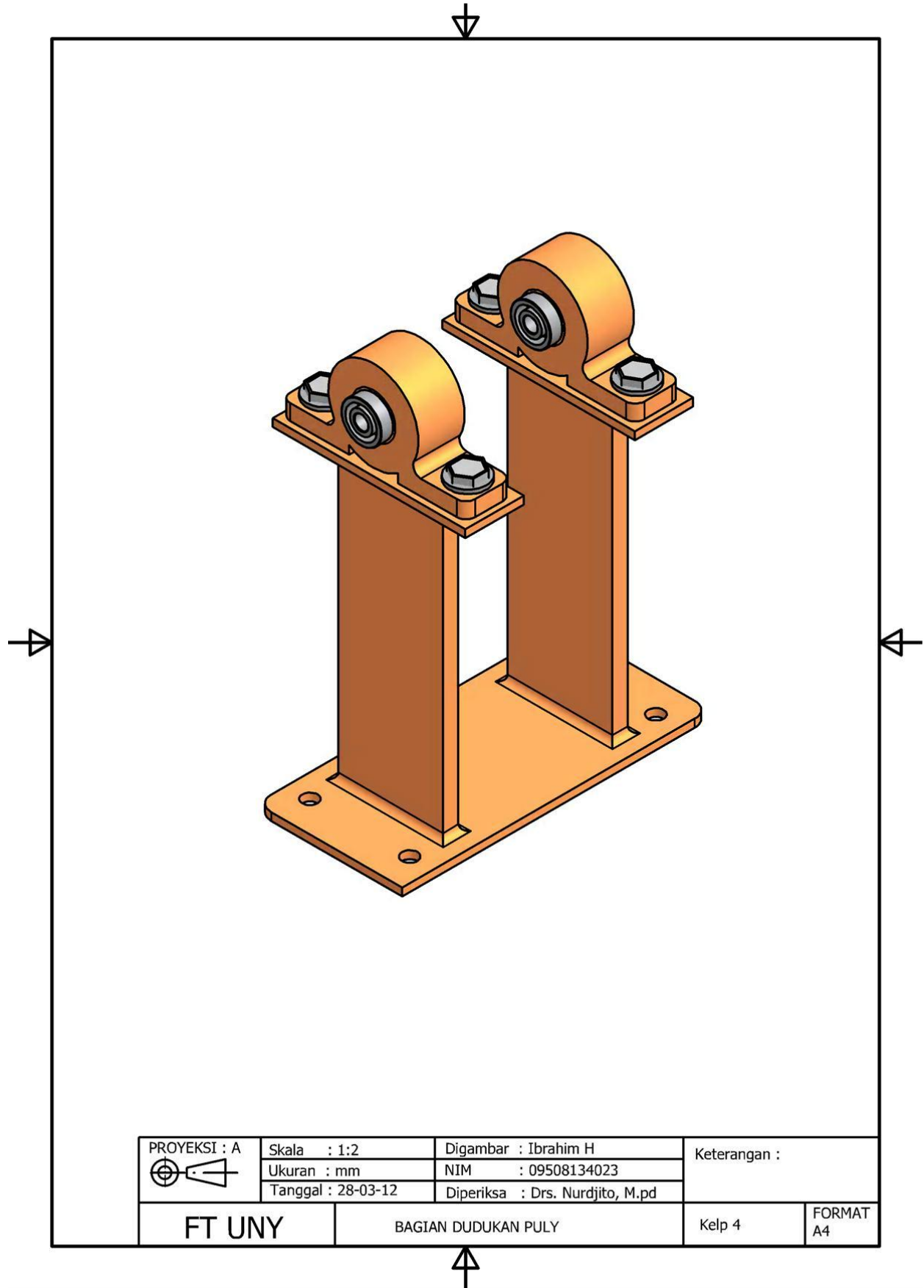
Kelp 4

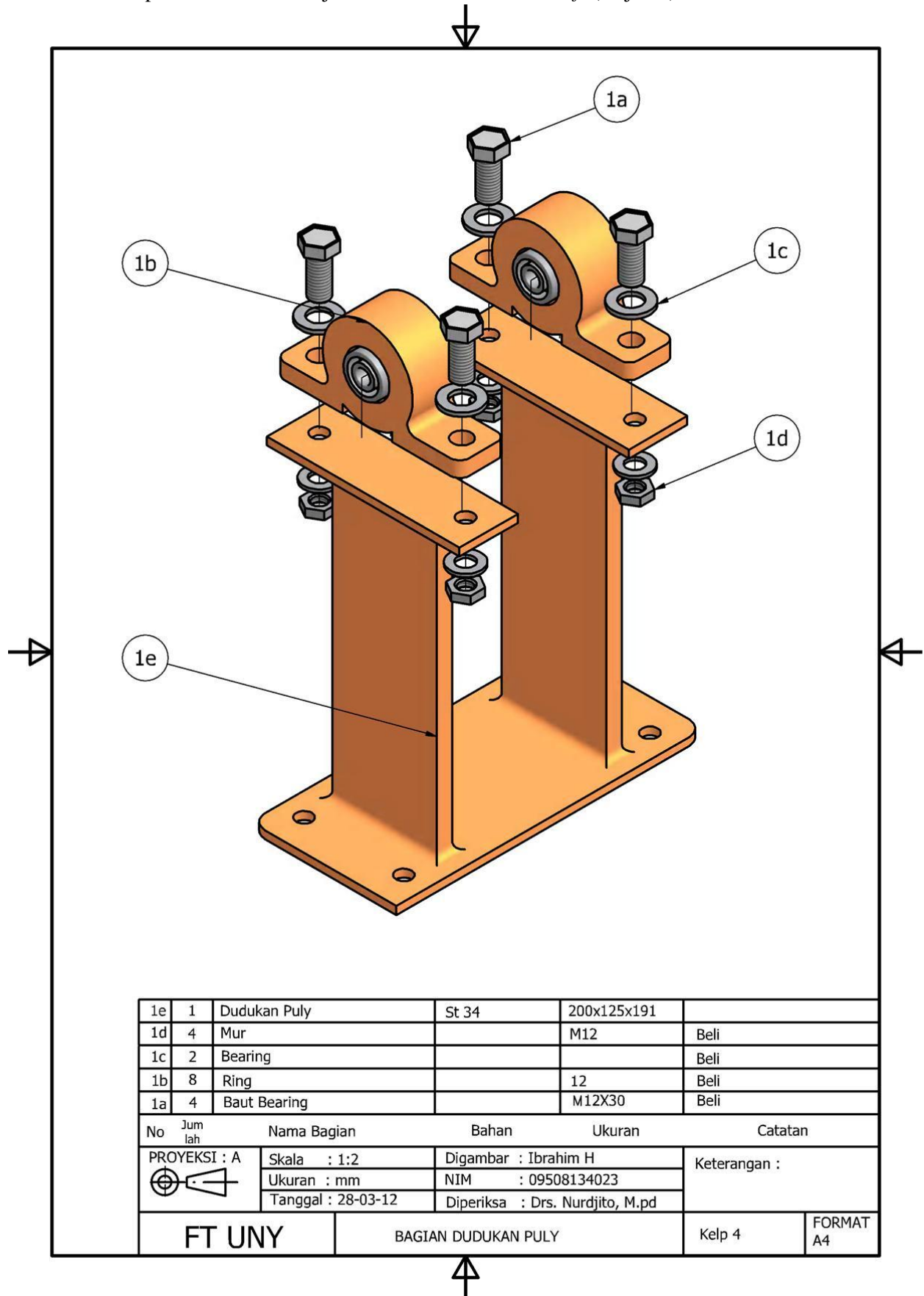
A4

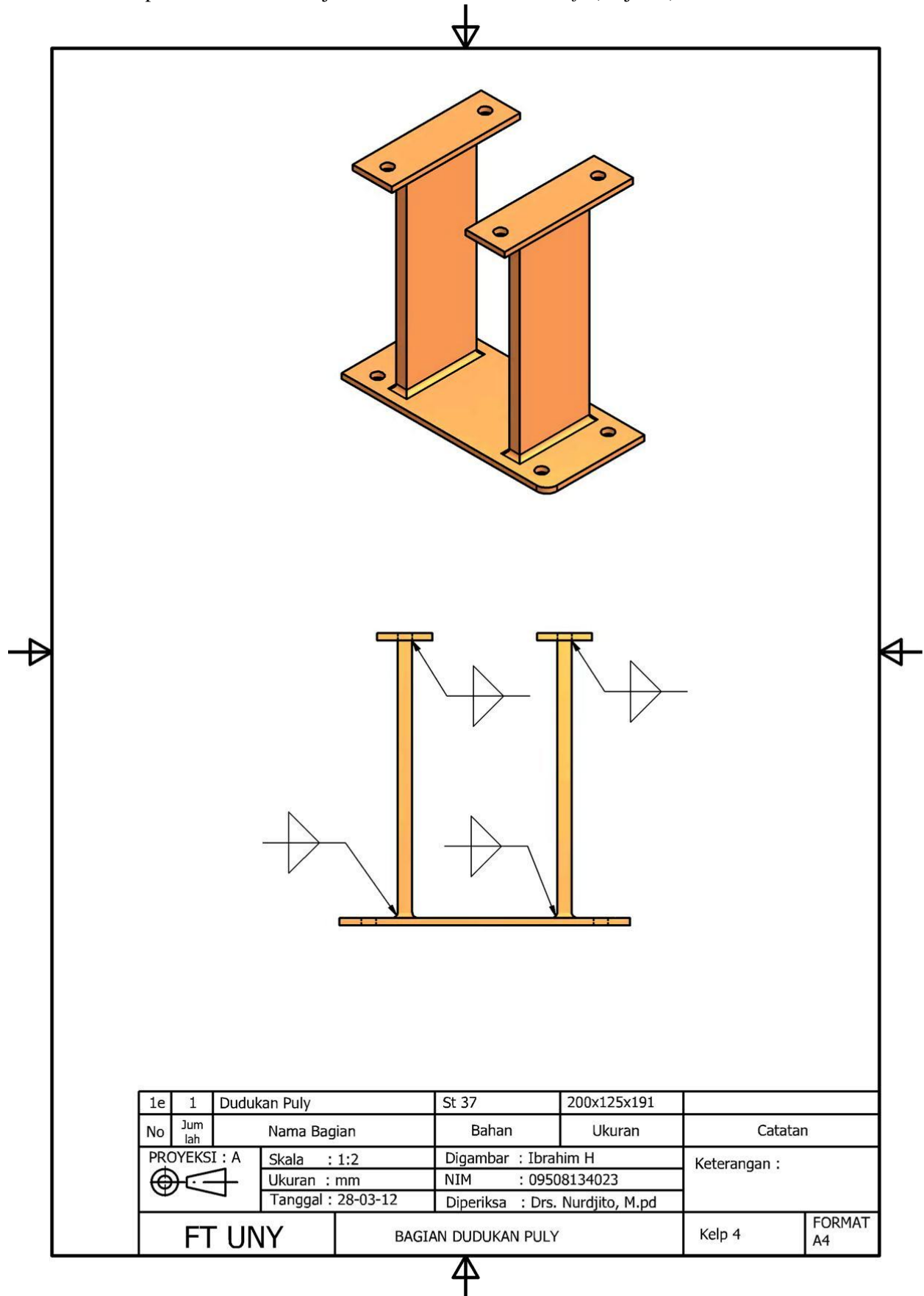
Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

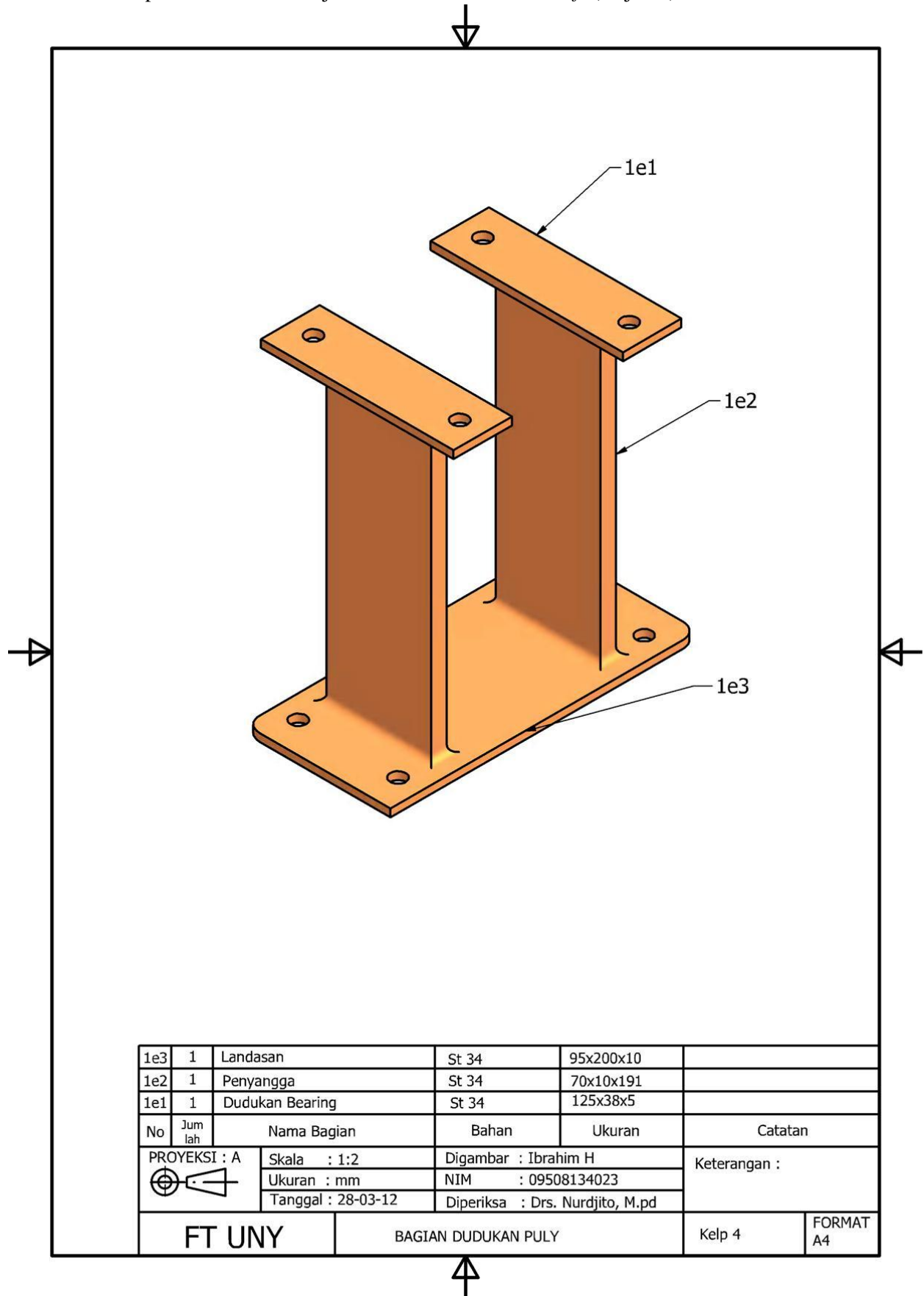
7	1	Rangka Mesin			
6	1	Landasan Mesin			
5	1	Catok Cross			
4	1	Bagian Dudukan <i>Camshaft</i>			
3	1	Bagian Transmisi			
2	1	Papan Meja			
1	1	Bagian Dudukan Puly			
No Bag	Jumlah	Nama Bagian	Bahan	Ukuran	Keterangan
Kekasaran Dalam μm		TOLERANSI JIS			
	Skala	: 1 : 15	Digambar	: Ibrahim H	Peringatan :
	Ukuran	: mm	Diperiksa	: Drs. Nurdjito, M.Pd	
	Tanggal	: 28-03-2012	Dilihat	:	
TEKNIK MESIN		Mesin Modifikasi <i>Camshaft</i>		Kelp 4	A4

Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)



Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

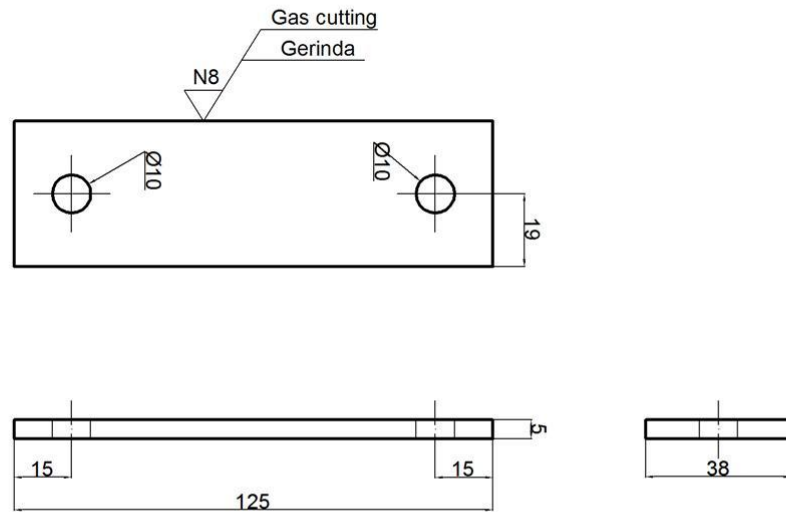
Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

1e1

Ukuran	Toleransi
0,5 s/d 6	$\pm 0,1$
6 s/d 30	$\pm 0,2$
30 s/d 120	$\pm 0,3$
120 s/d 315	$\pm 0,5$
315 s/d 1000	$\pm 0,8$

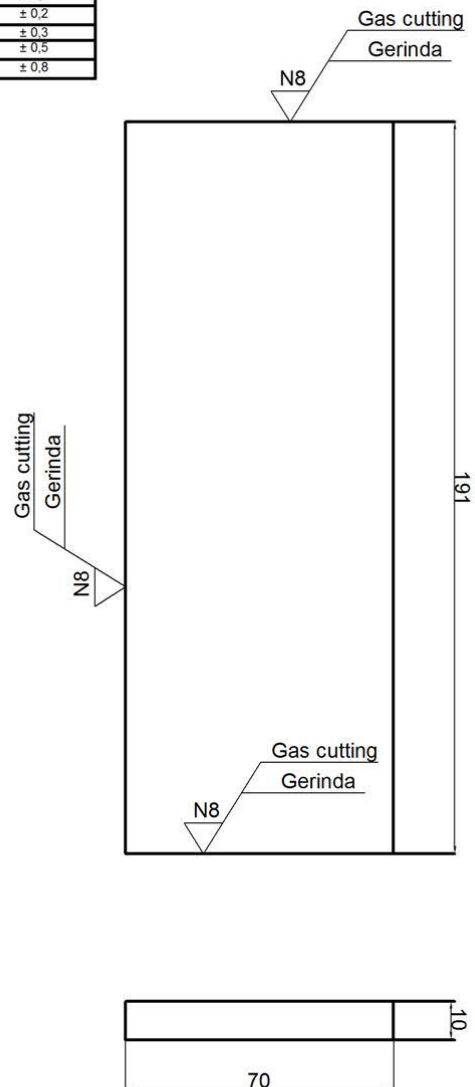


1e1	2	Dudukan Bearing	Plat	125 x 38 x 5	
No Bag	Jumlah	Nama Bagian	Bahan	Ukuran	Keterangan
Kekasaran Dalam μm	TOLERANSI JIS				
	Skala	: 1 : 2	Digambar	: Ibrahim H	Peringatan :
	Ukuran	: mm	Diperiksa	: Drs. Nurdjito, M.Pd	
	Tanggal	: 28-03-2012	Dilihat	:	
TEKNIK MESIN		Dudukan Puly		Kelp 4	A4

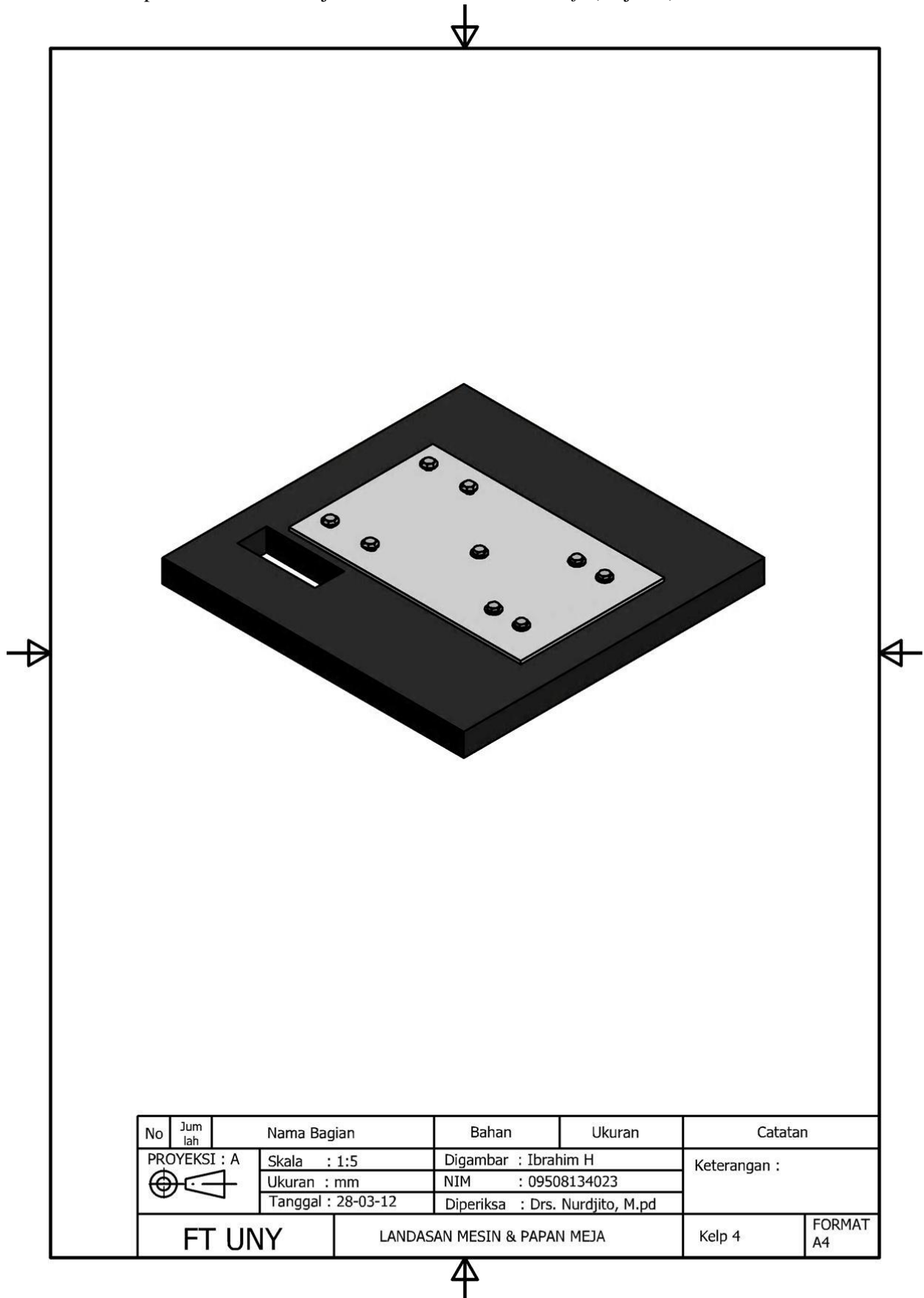
Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

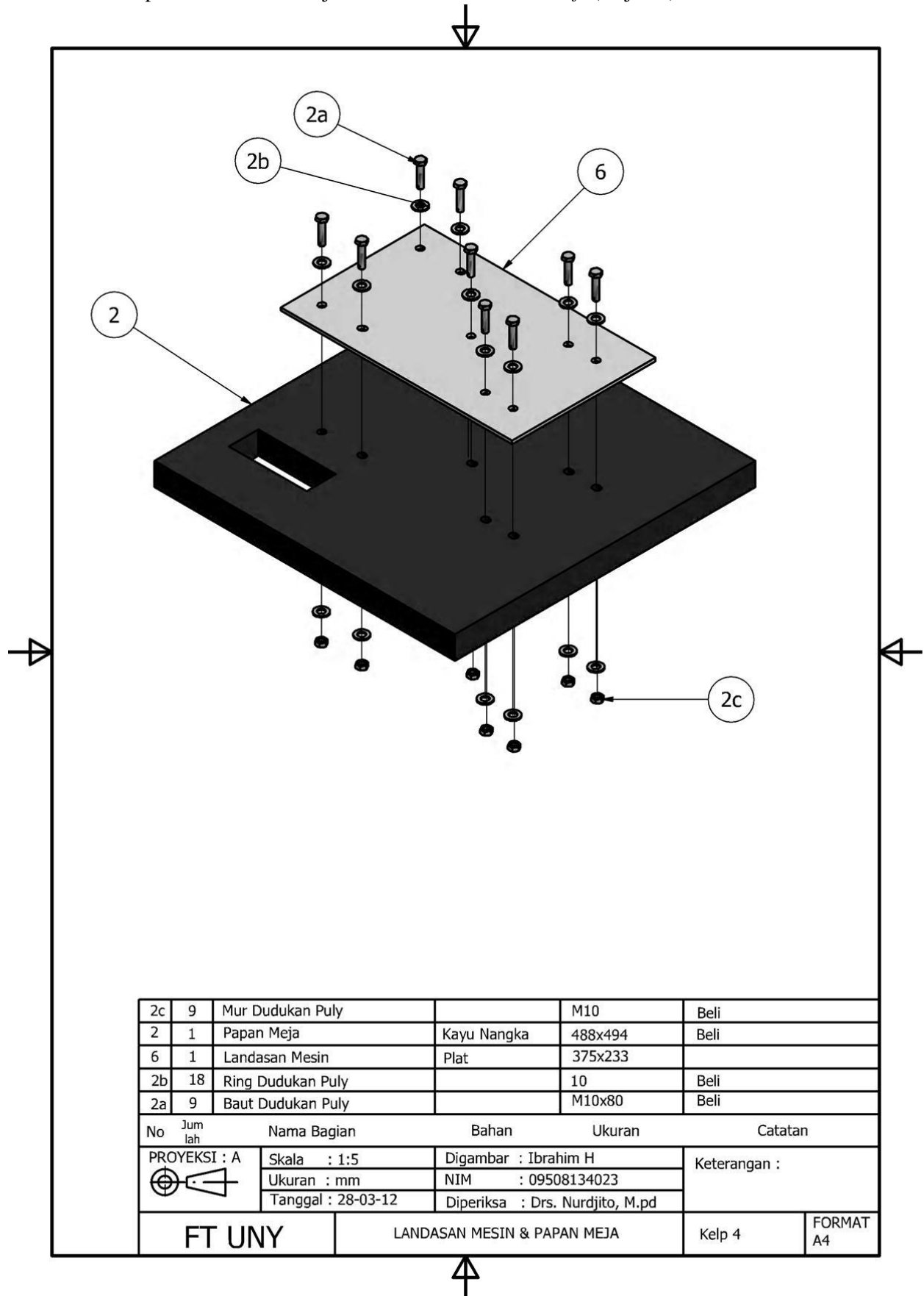
1e2

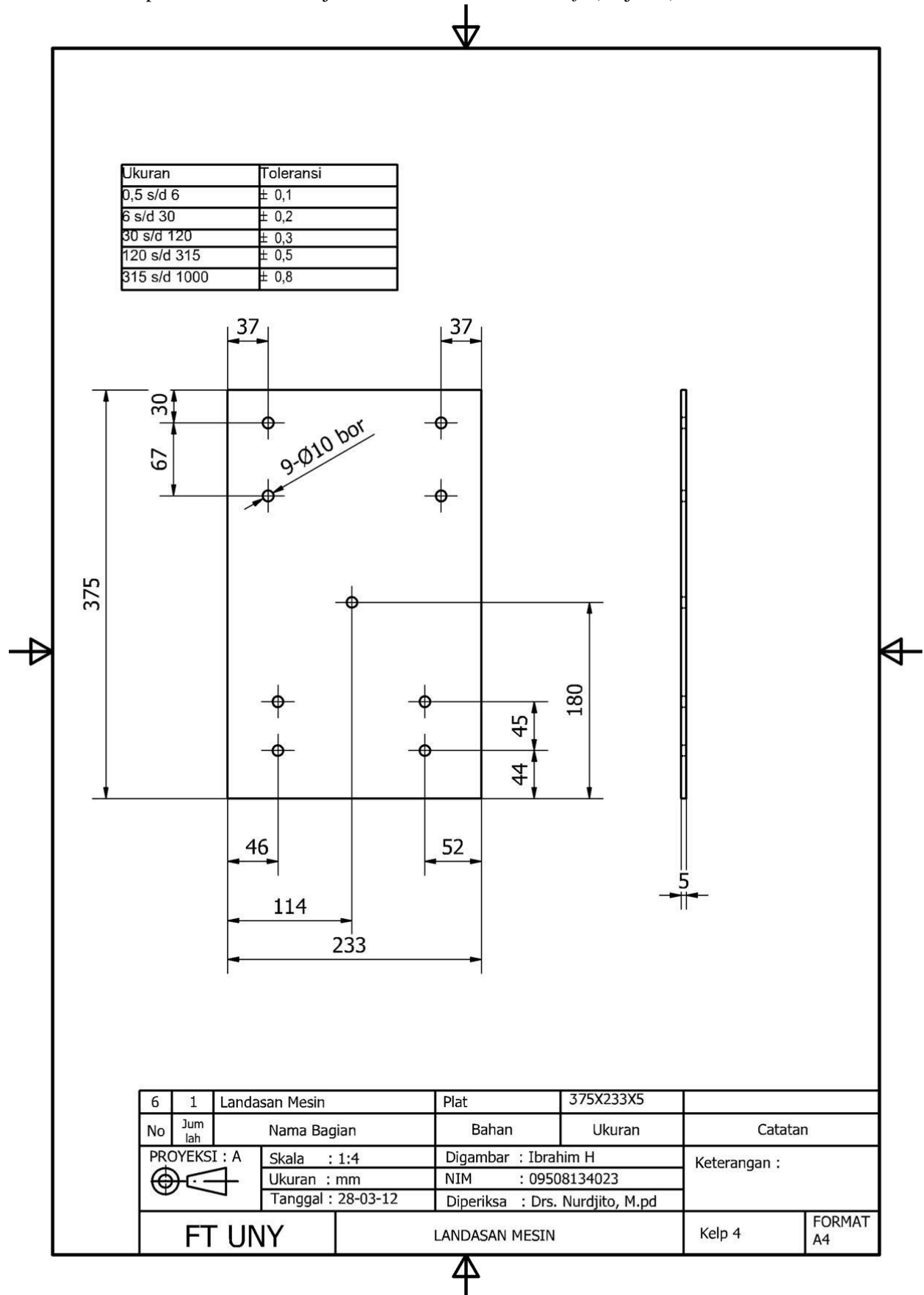
Ukuran	Toleransi
0,5 s/d 6	$\pm 0,1$
6 s/d 30	$\pm 0,2$
30 s/d 120	$\pm 0,3$
120 s/d 315	$\pm 0,5$
315 s/d 1000	$\pm 0,8$

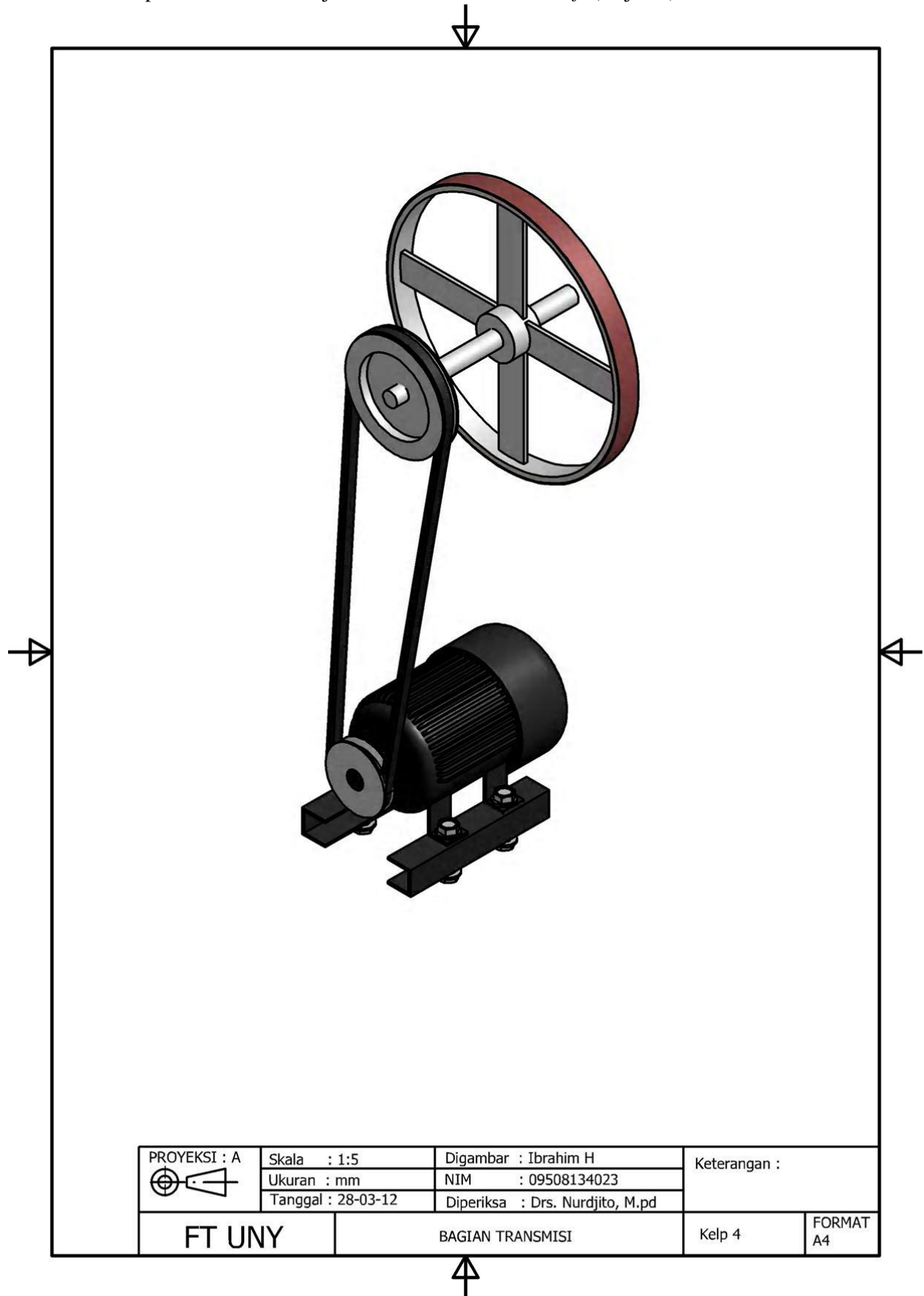


1e2	2	Penyangga	St 34	70 x 10 x 191	
No Bag	Jumlah	Nama Bagian	Bahan	Ukuran	Keterangan
Kekasaran Dalam μm	TOLERANSI JIS				
	Skala	: 1 : 2	Digambar	: Ibrahim H	Peringatan :
	Ukuran	: mm	Diperiksa	: Drs. Nurdjito, M.Pd	
	Tanggal	: 28-03-2012	Dilihat	:	
TEKNIK MESIN		Dudukan Puly			Kelp 4 A4

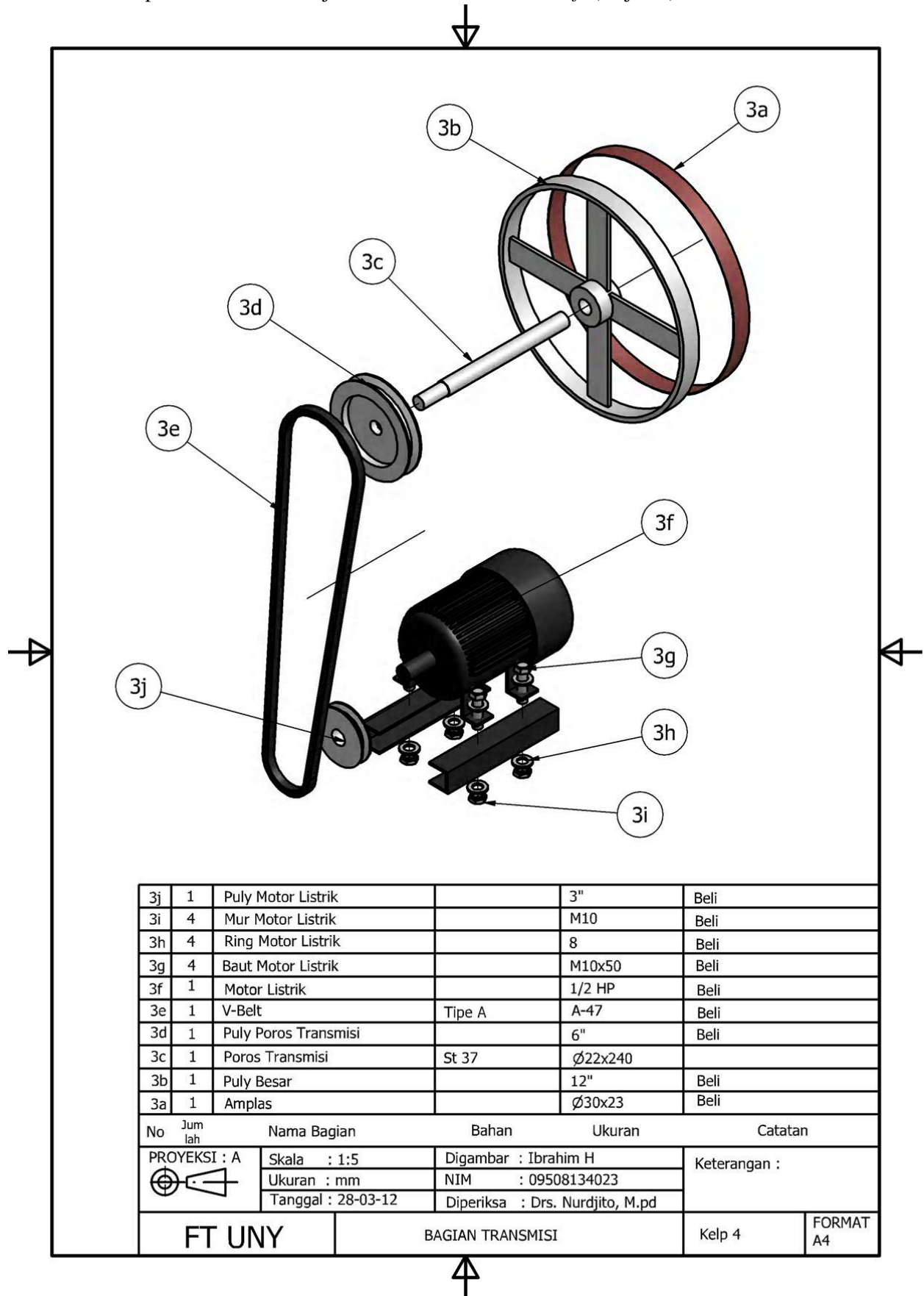
Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

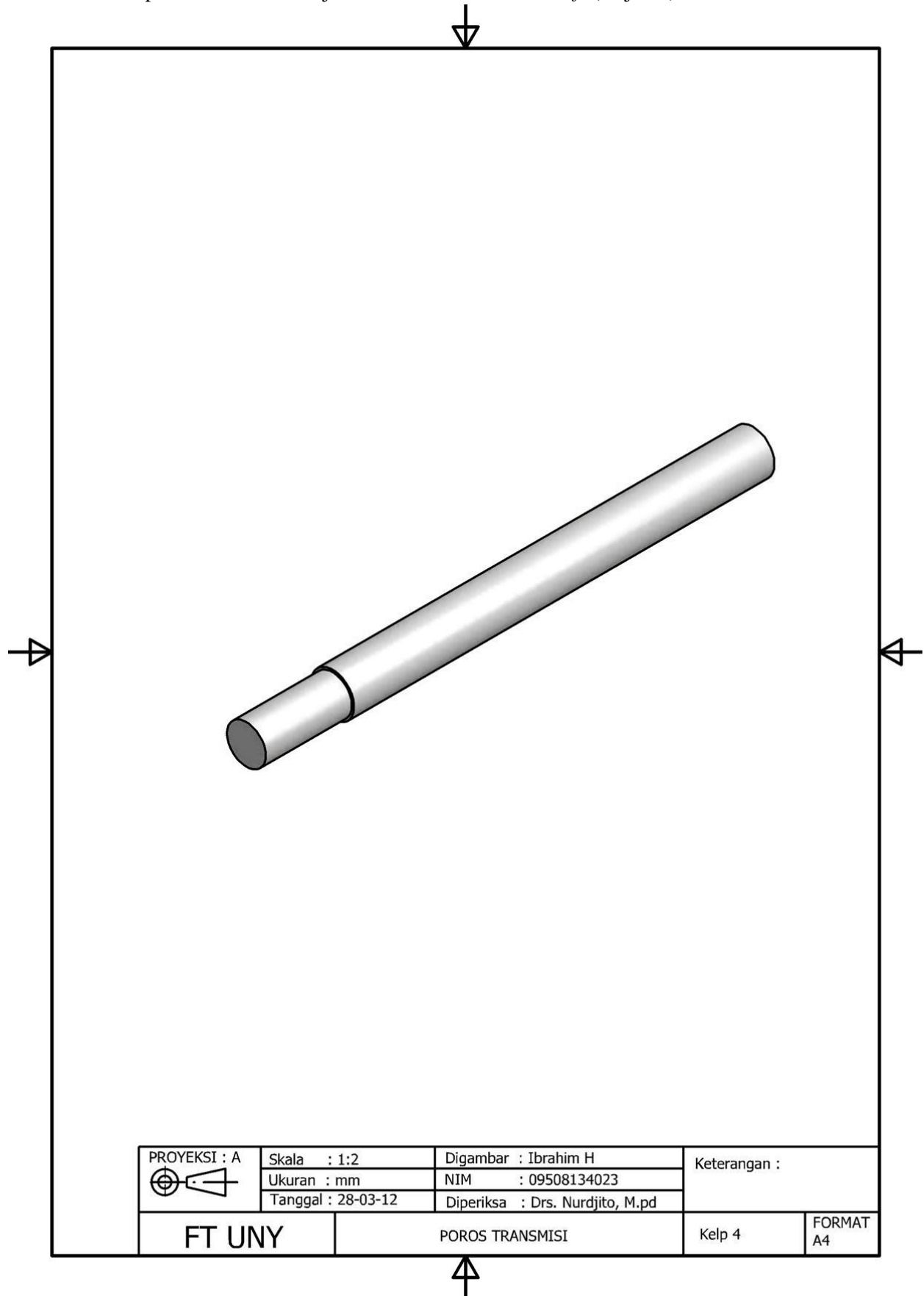
Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

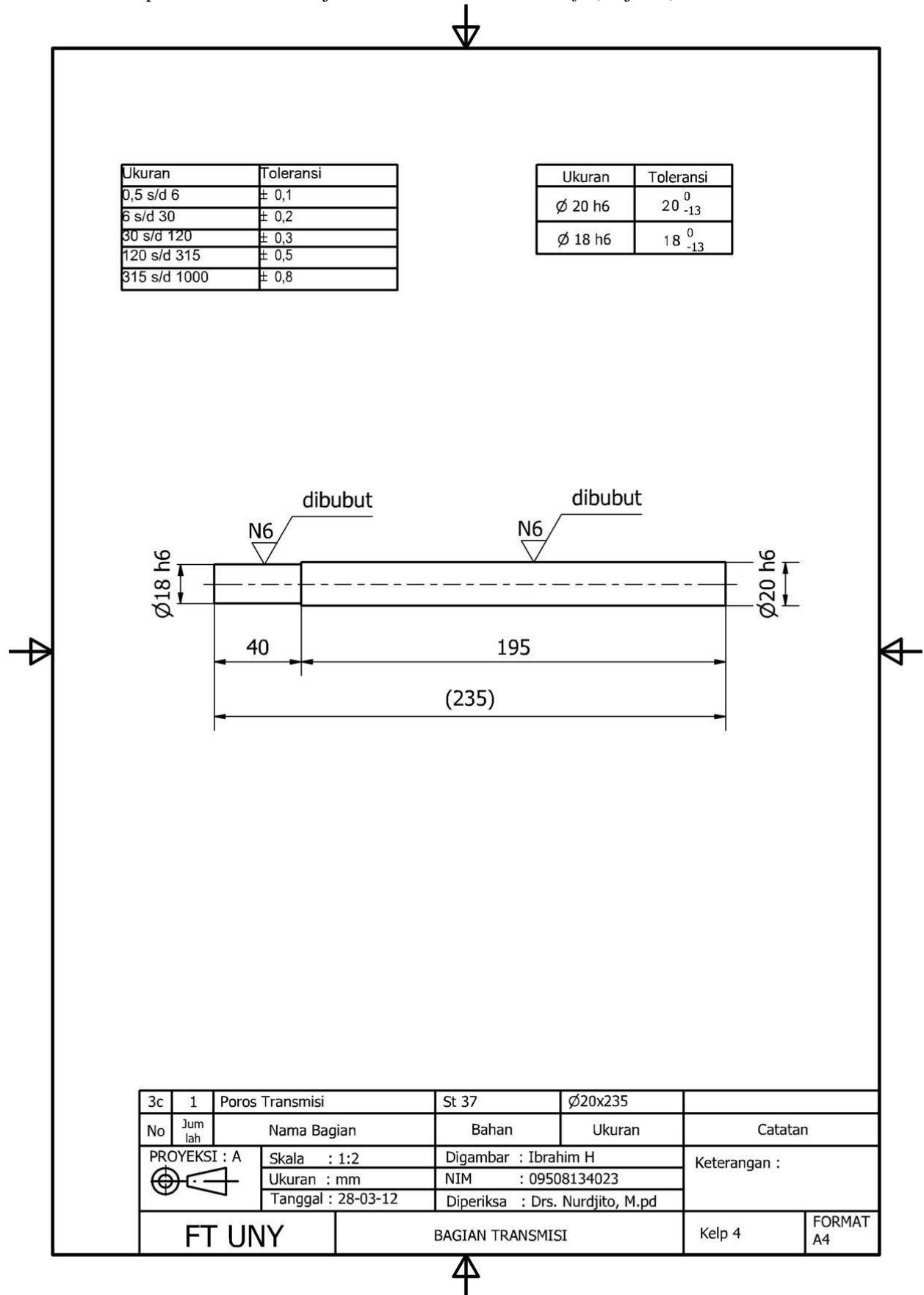
Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

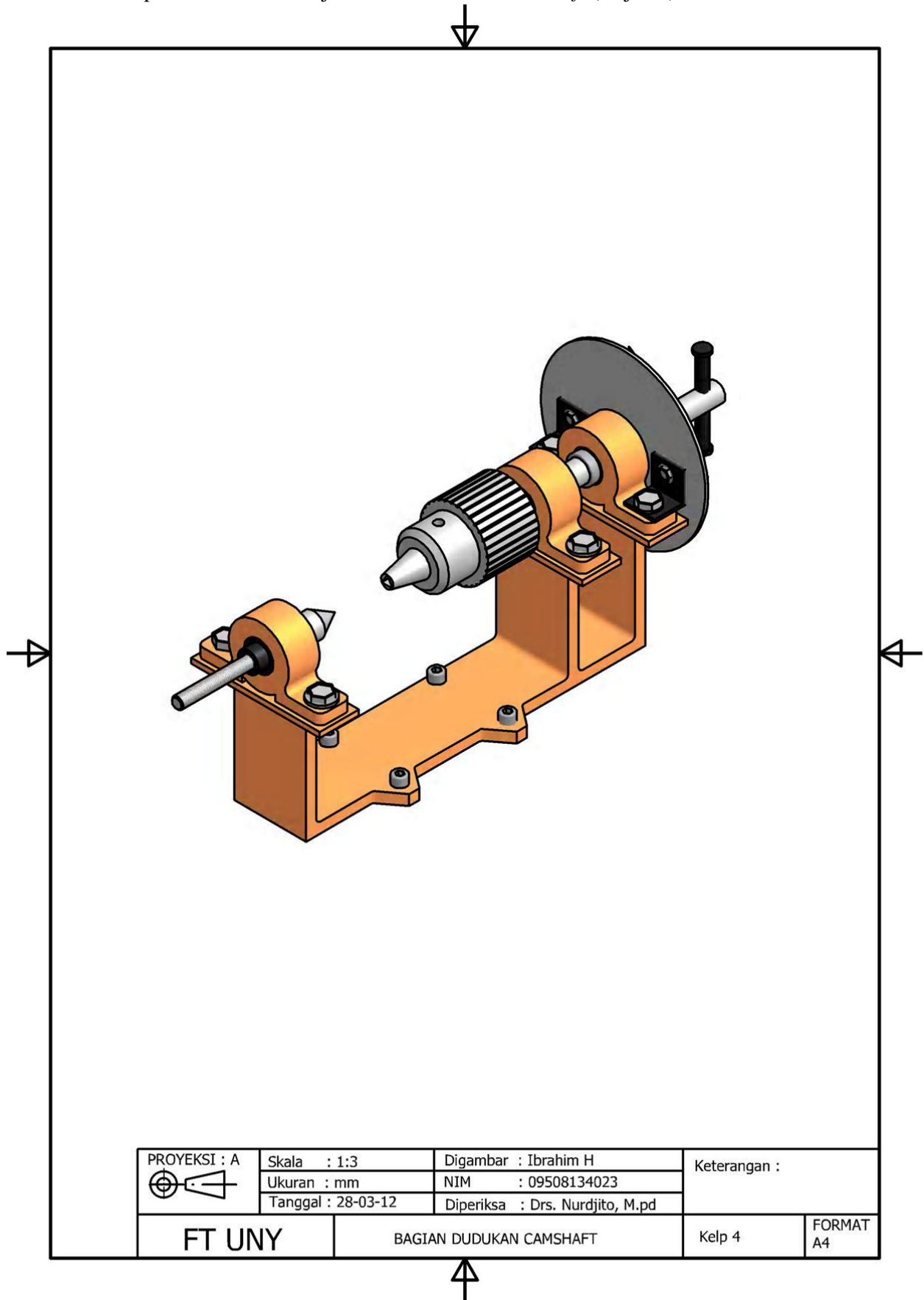
Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

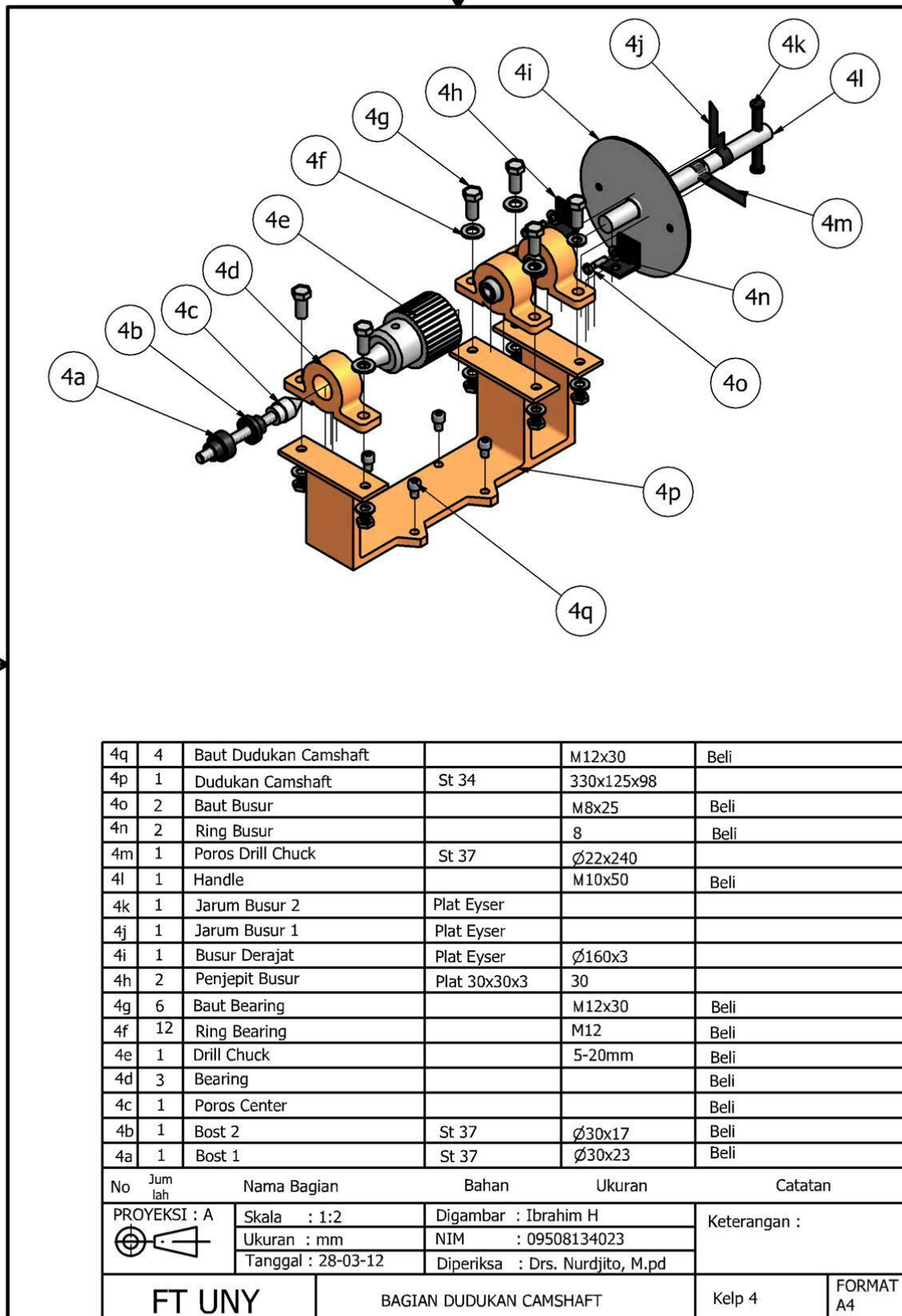
PROYEKSI : A 	Skala : 1:5	Digambar : Ibrahim H	Keterangan :	
	Ukuran : mm	NIM : 09508134023		
	Tanggal : 28-03-12	Diperiksa : Drs. Nurdjito, M.pd		
FT UNY	BAGIAN TRANSMISI		Kelp 4	FORMAT A4

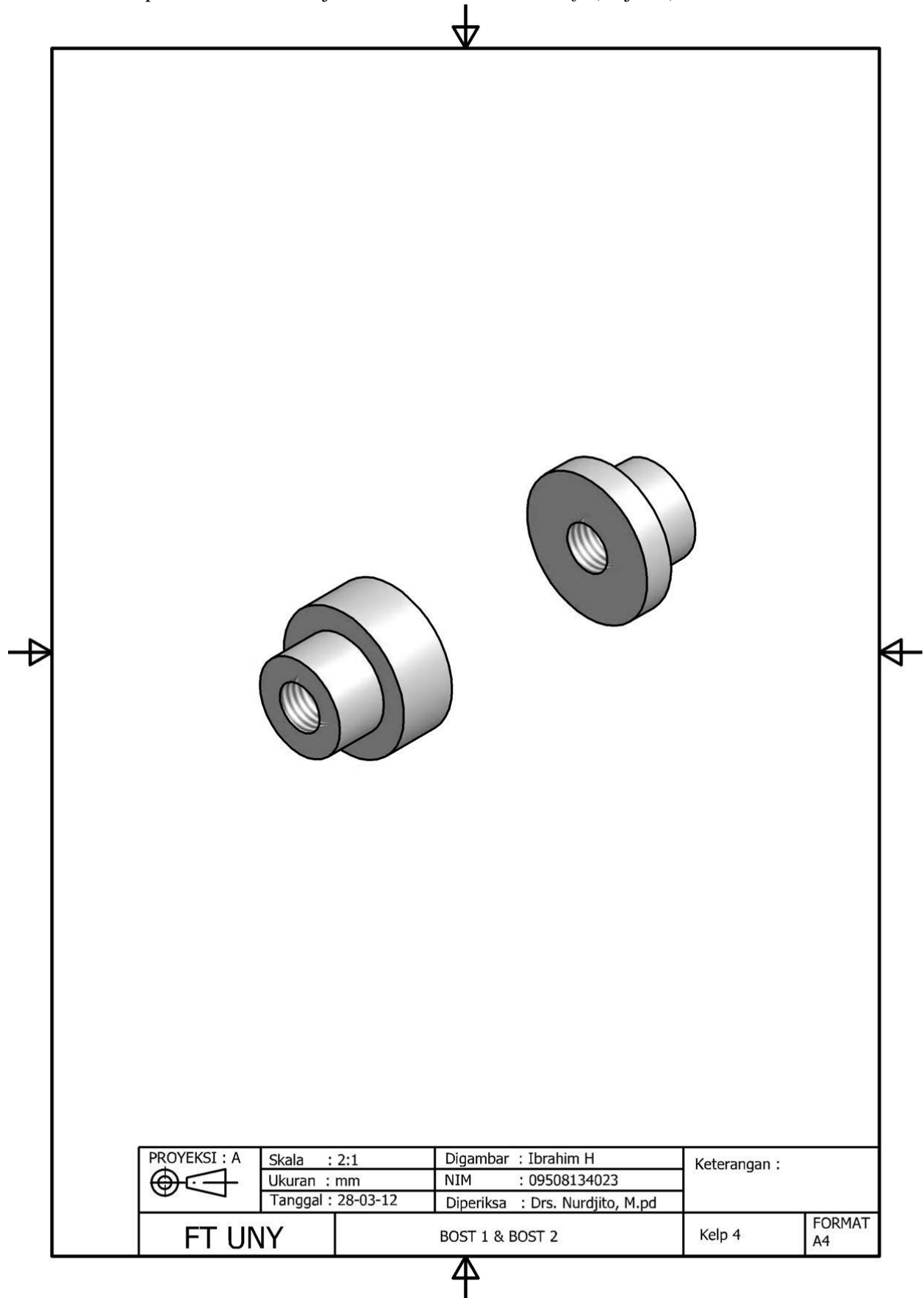
Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

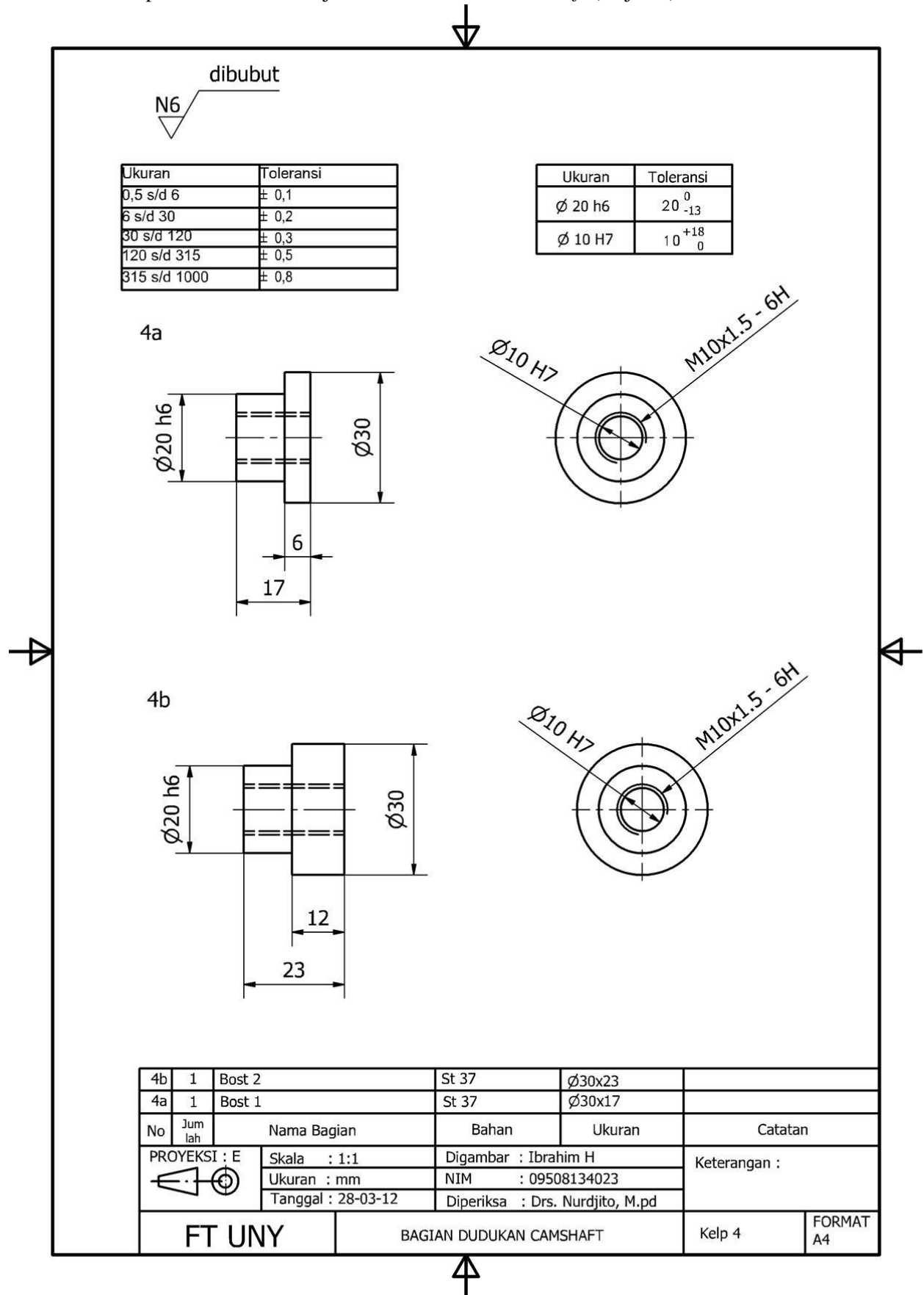
Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

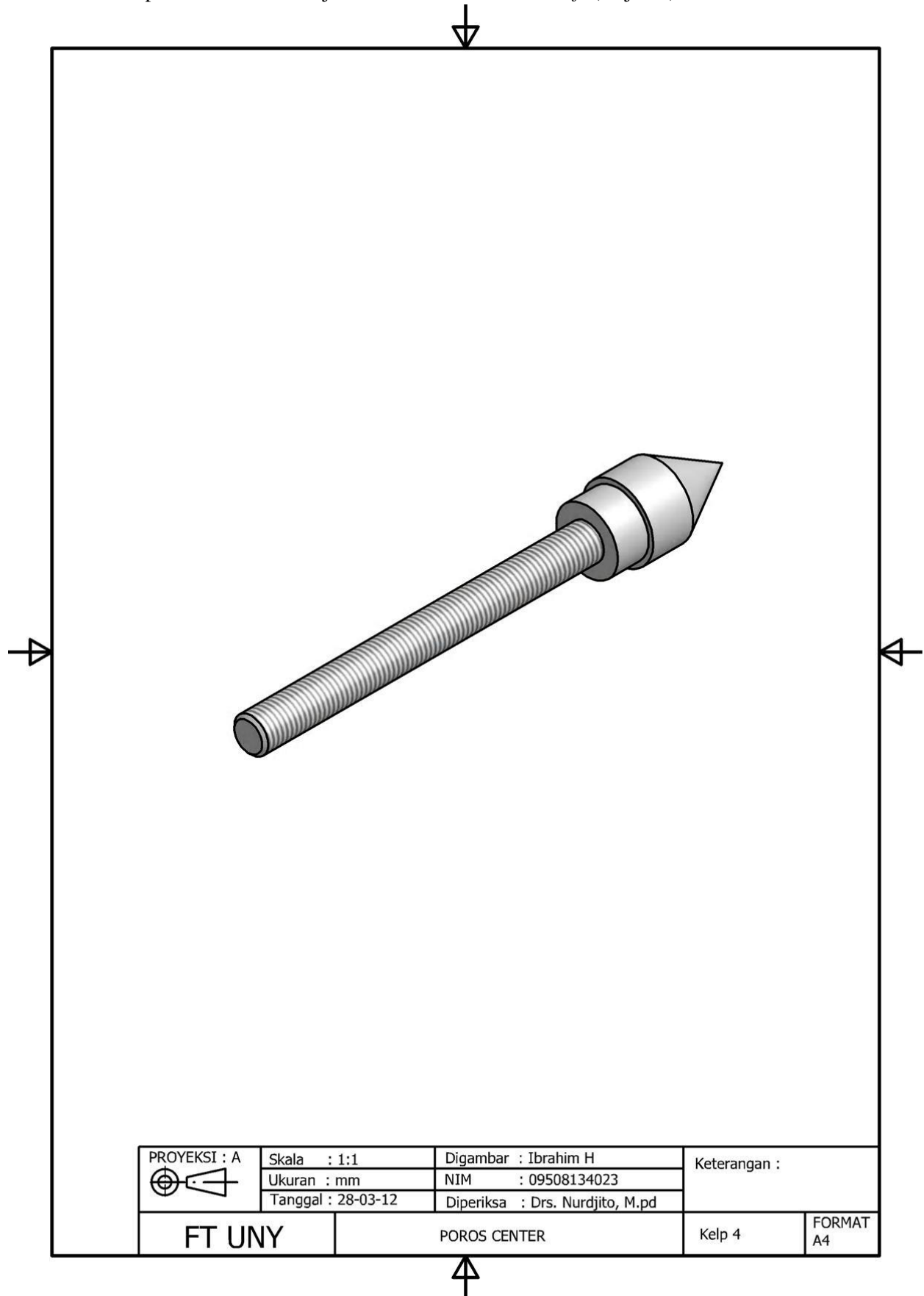
Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

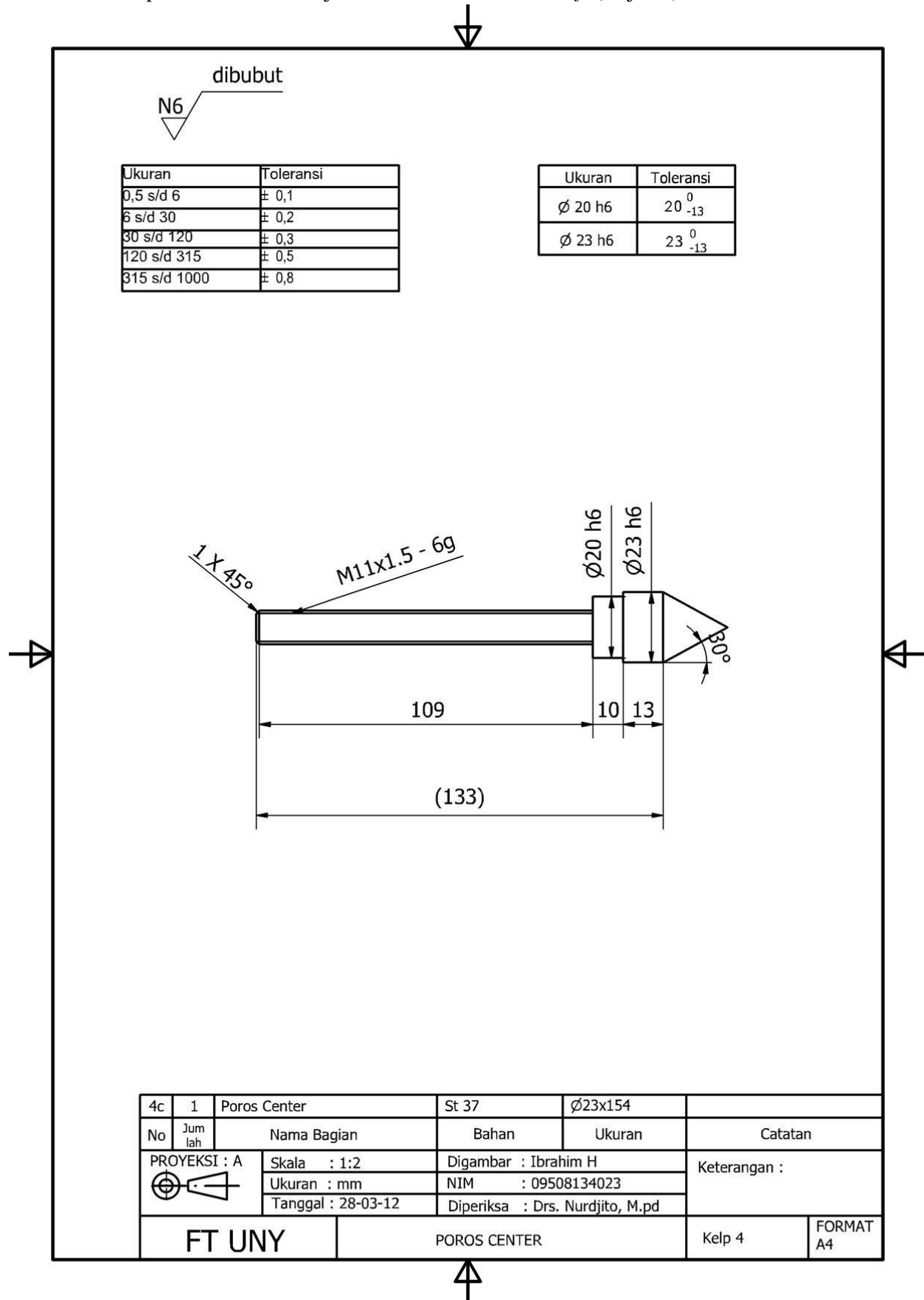
Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

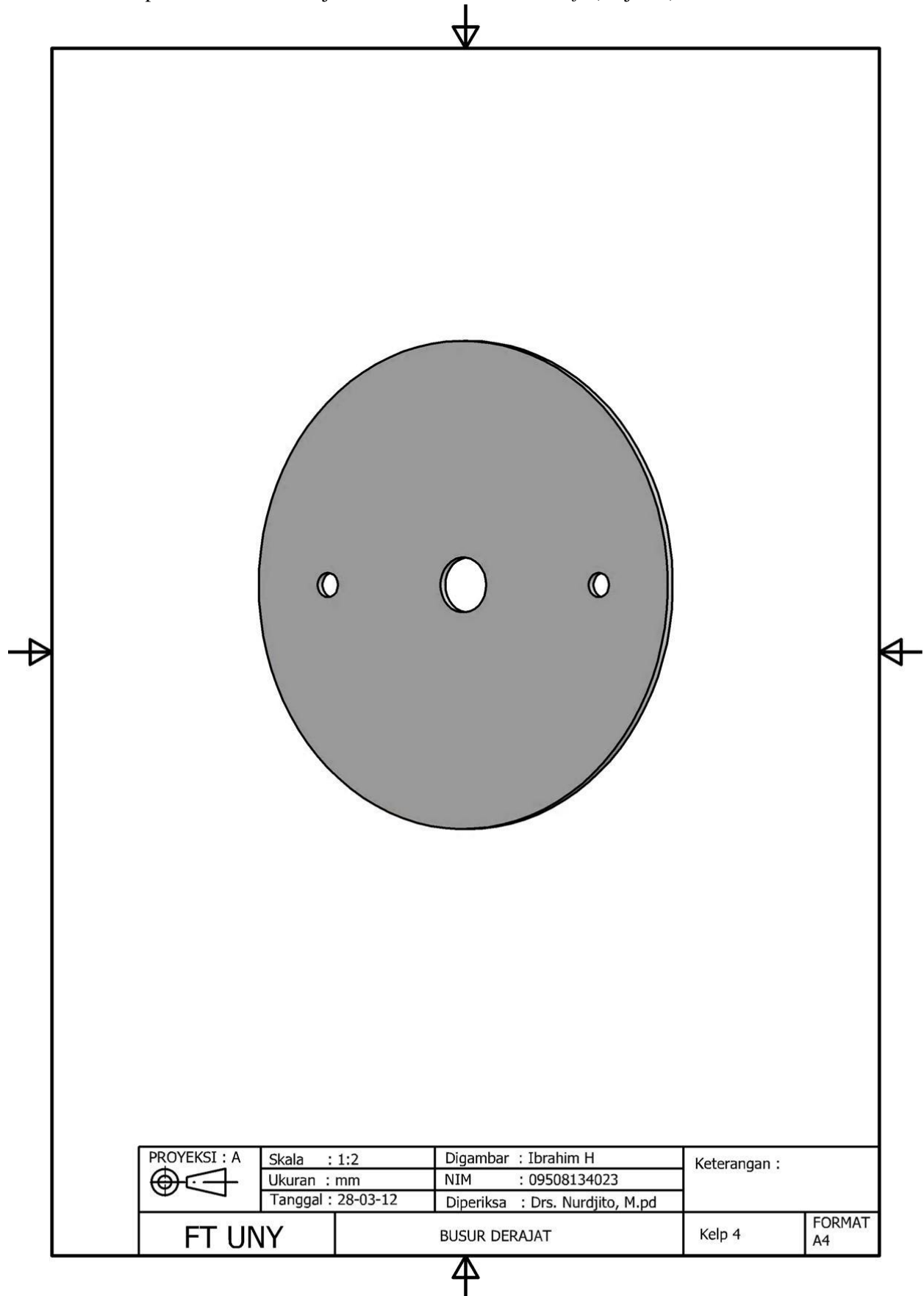
Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

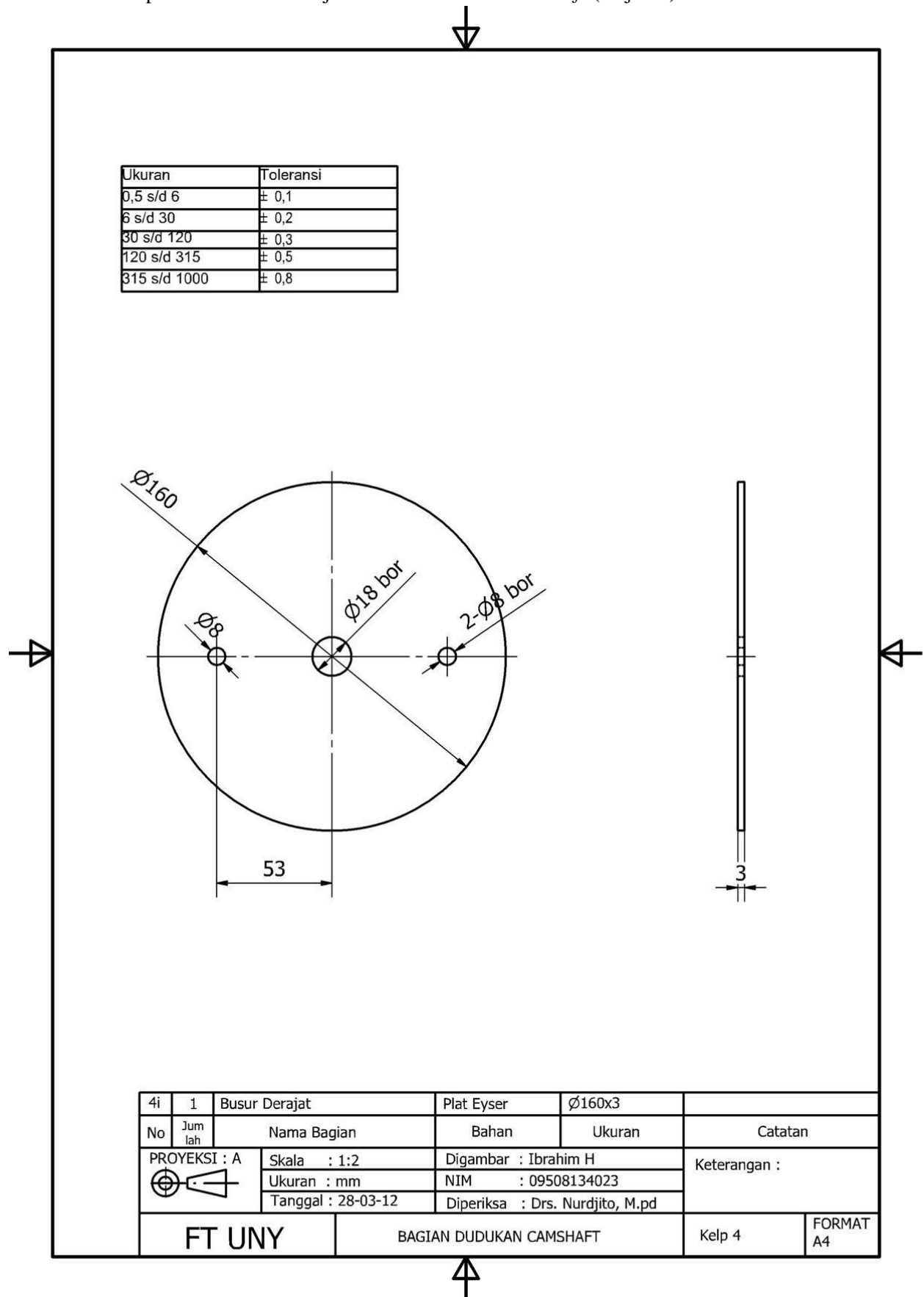
Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

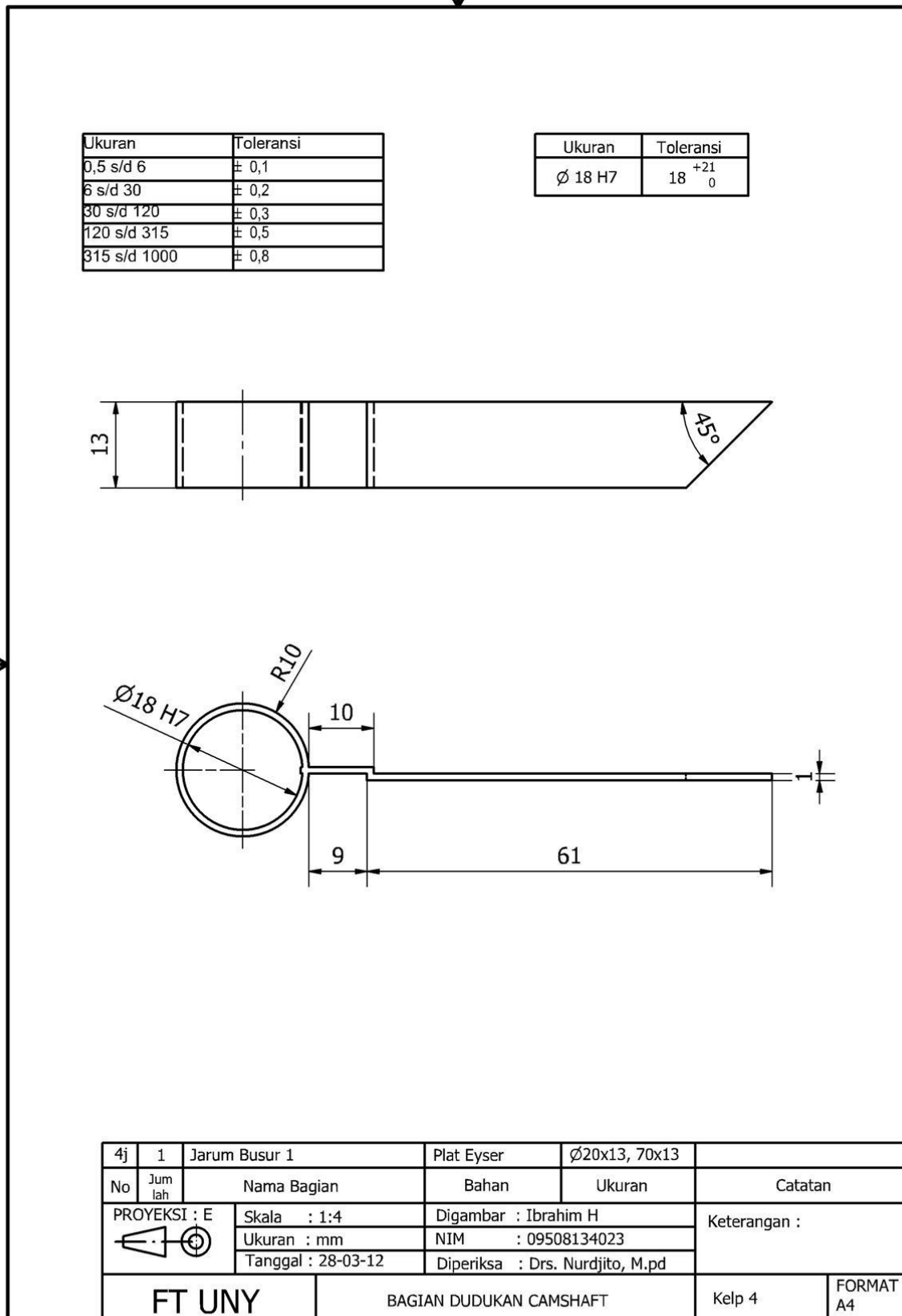
Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

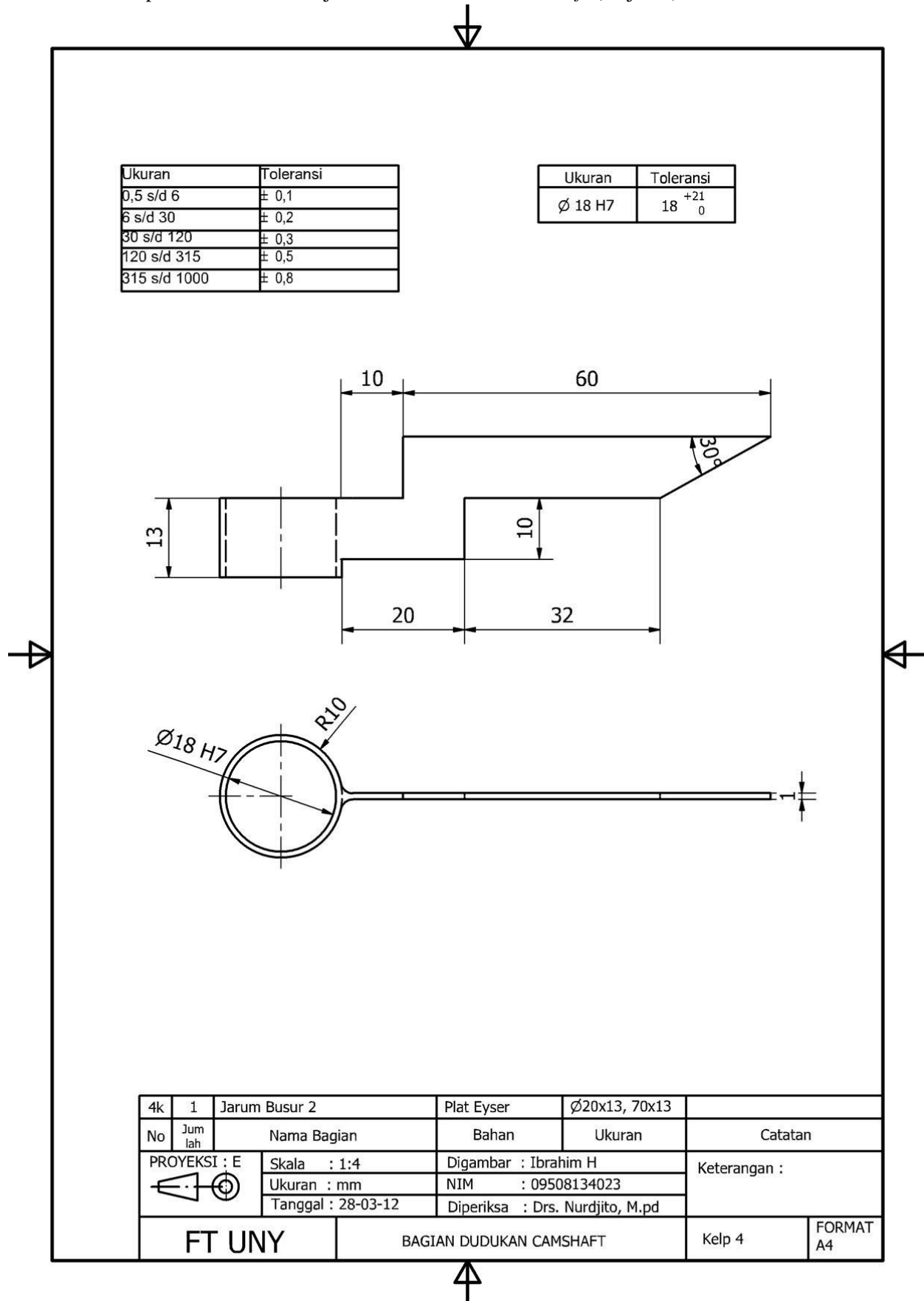
Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

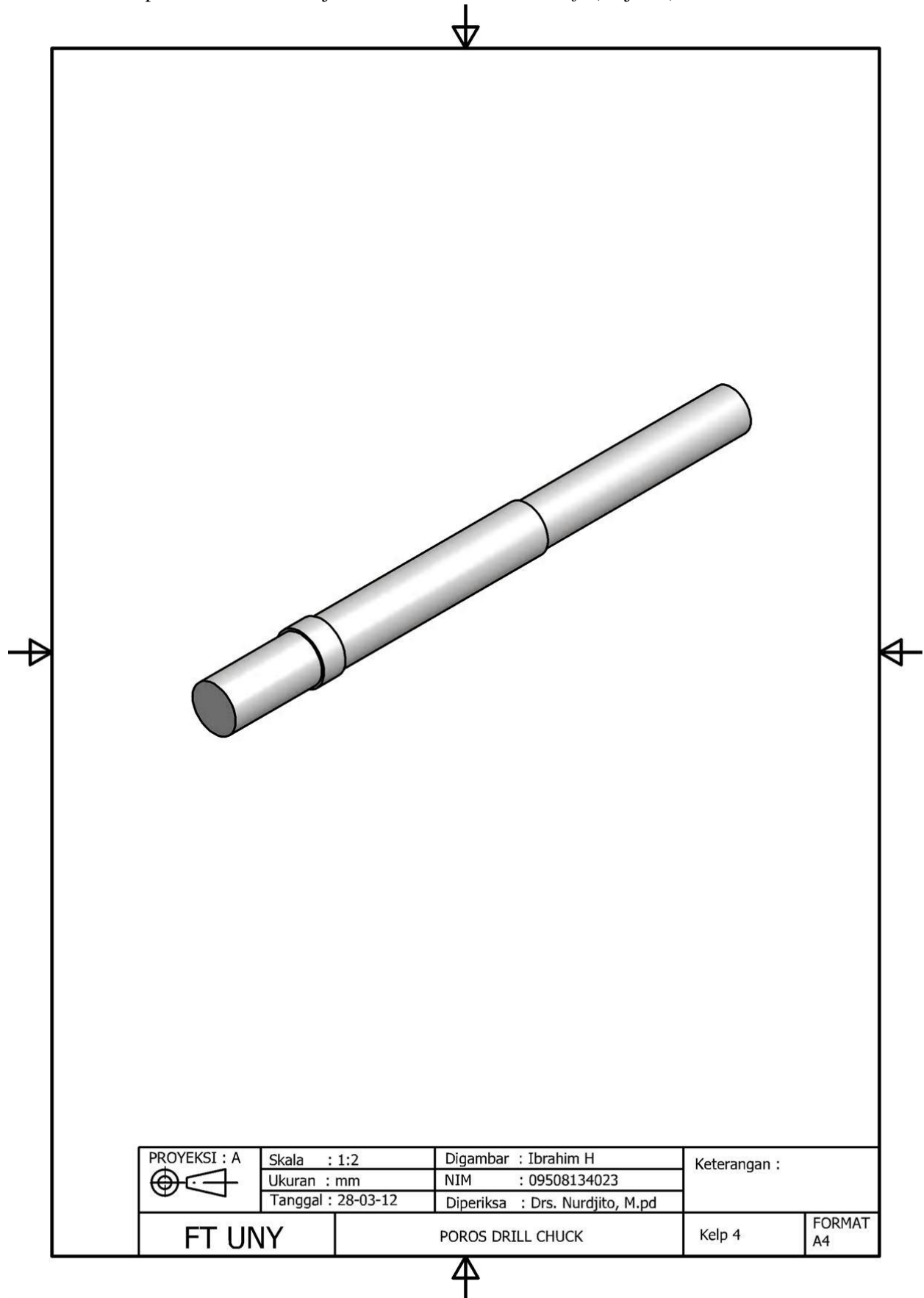
Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

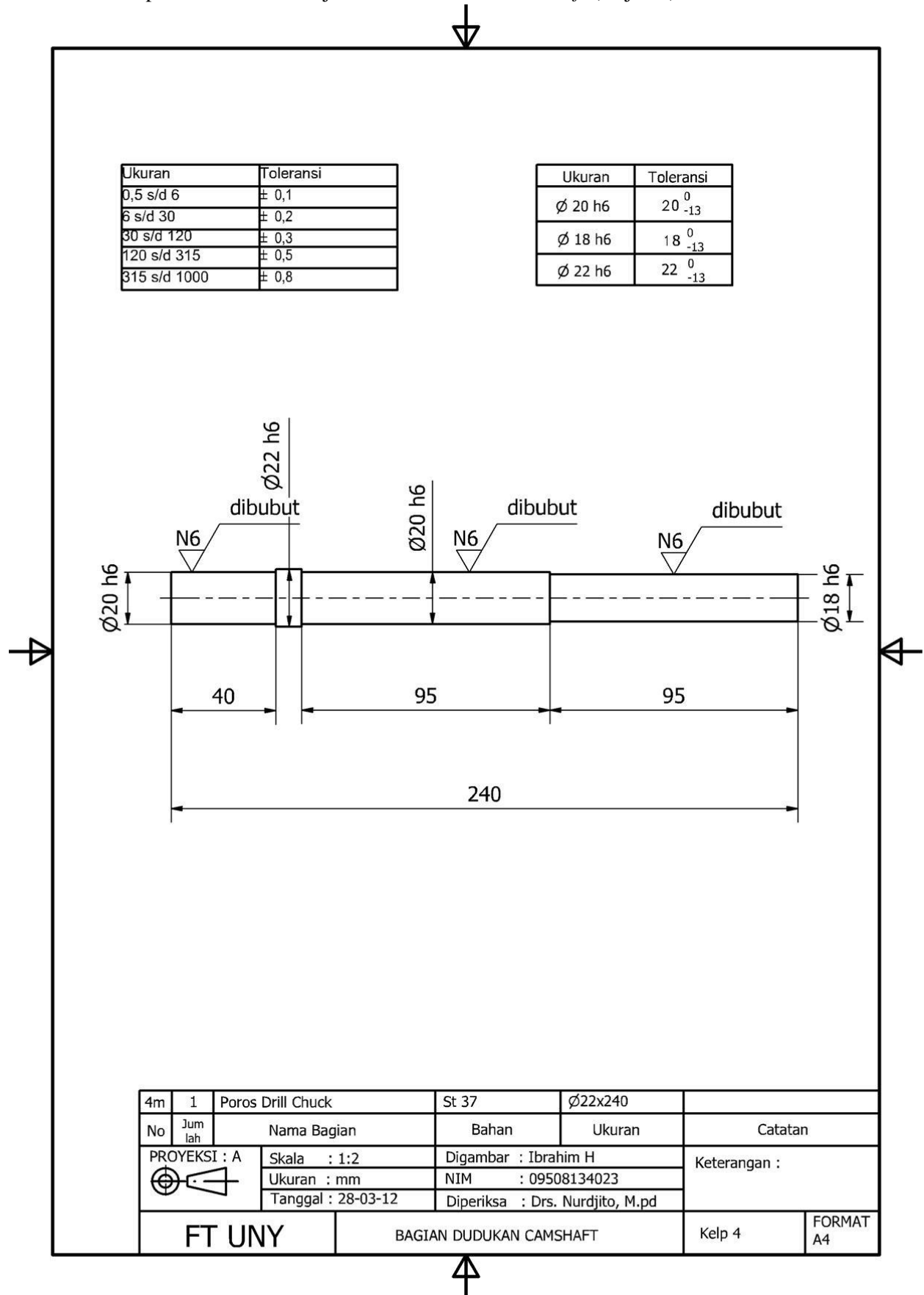
Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

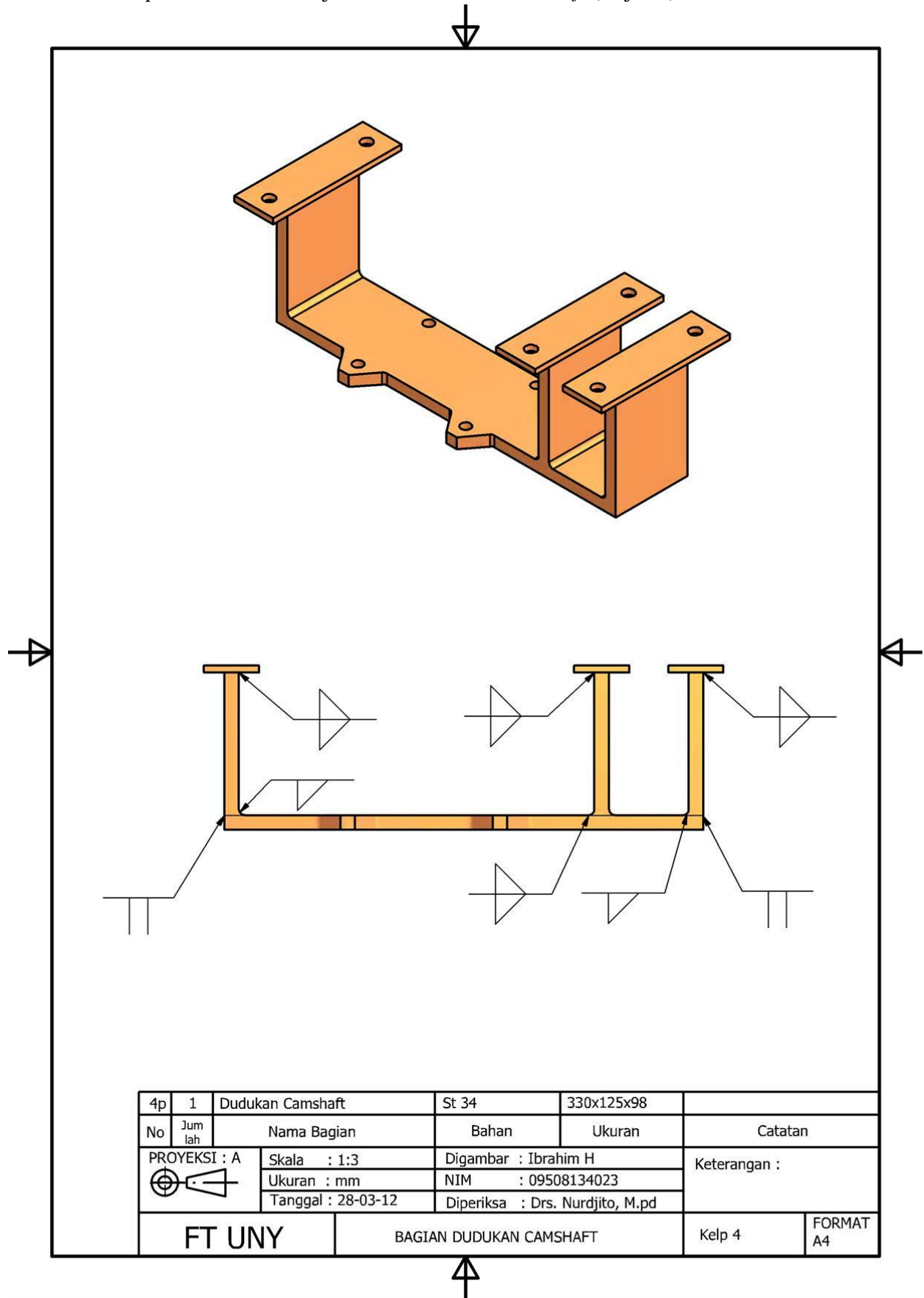
Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

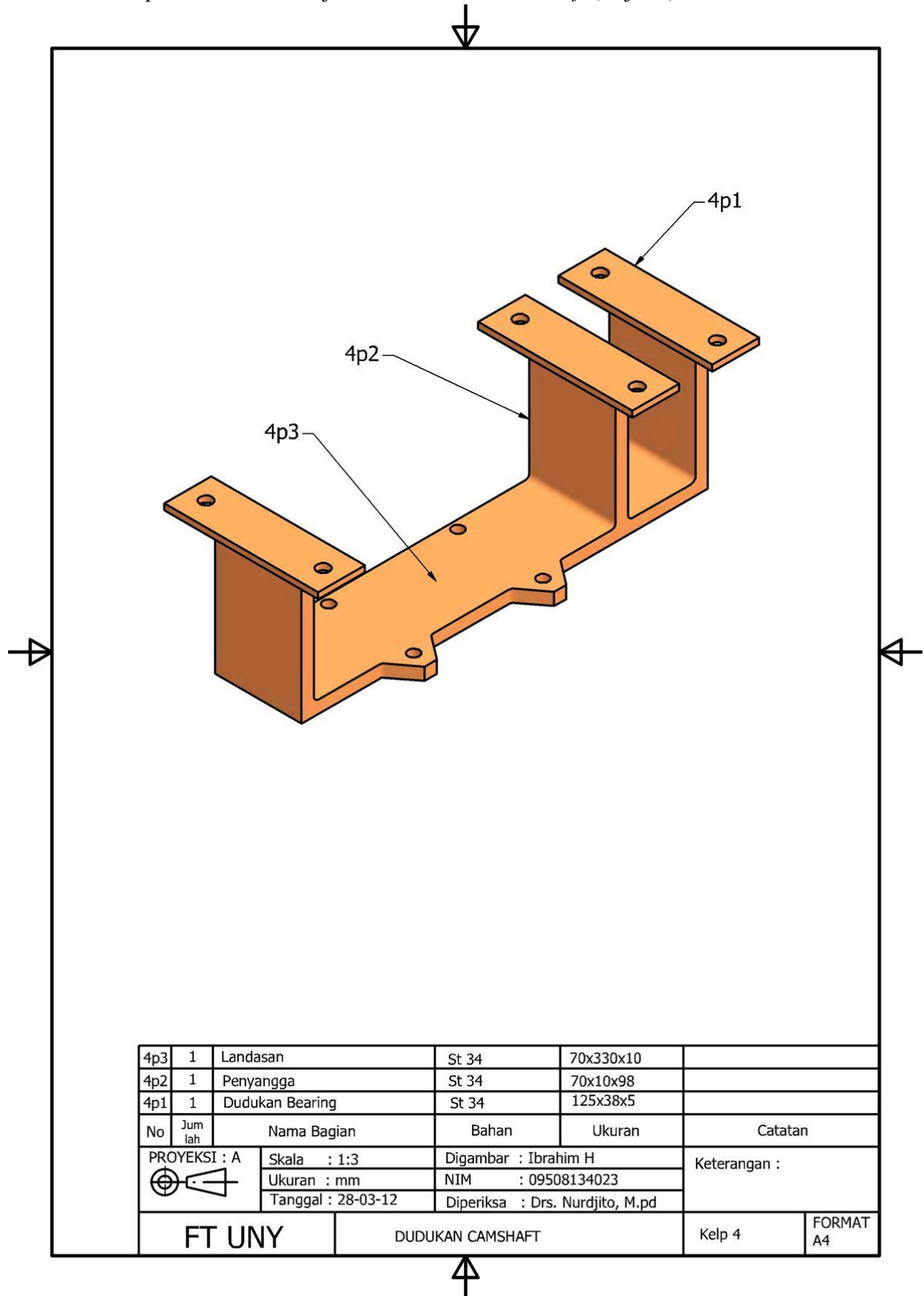
Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

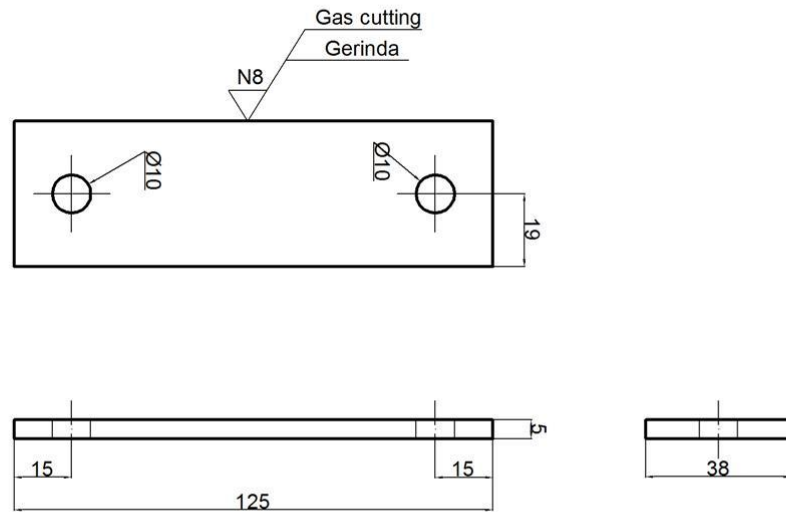
Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

4p1

Ukuran	Toleransi
0,5 s/d 6	$\pm 0,1$
6 s/d 30	$\pm 0,2$
30 s/d 120	$\pm 0,3$
120 s/d 315	$\pm 0,5$
315 s/d 1000	$\pm 0,8$

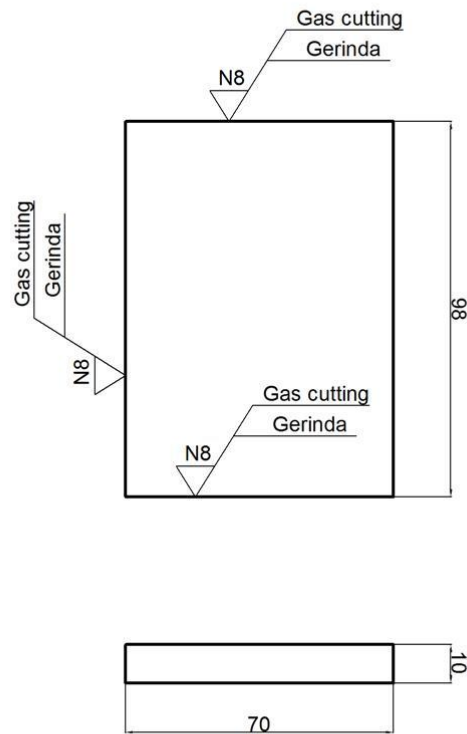


4p1	3	Dudukan Bearing	Plat	125 x 38 x 5	
No Bag	Jumlah	Nama Bagian	Bahan	Ukuran	Keterangan
Kekasaran Dalam μm	TOLERANSI JIS				
	Skala	: 1 : 2	Digambar	: Ibrahim H	Peringatan :
	Ukuran	: mm	Diperiksa	: Drs. Nurdjito, M.Pd	
	Tanggal	: 28-03-2012	Dilihat	:	
TEKNIK MESIN		Dudukan <i>Camshaft</i>		Kelp 4	A4

Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

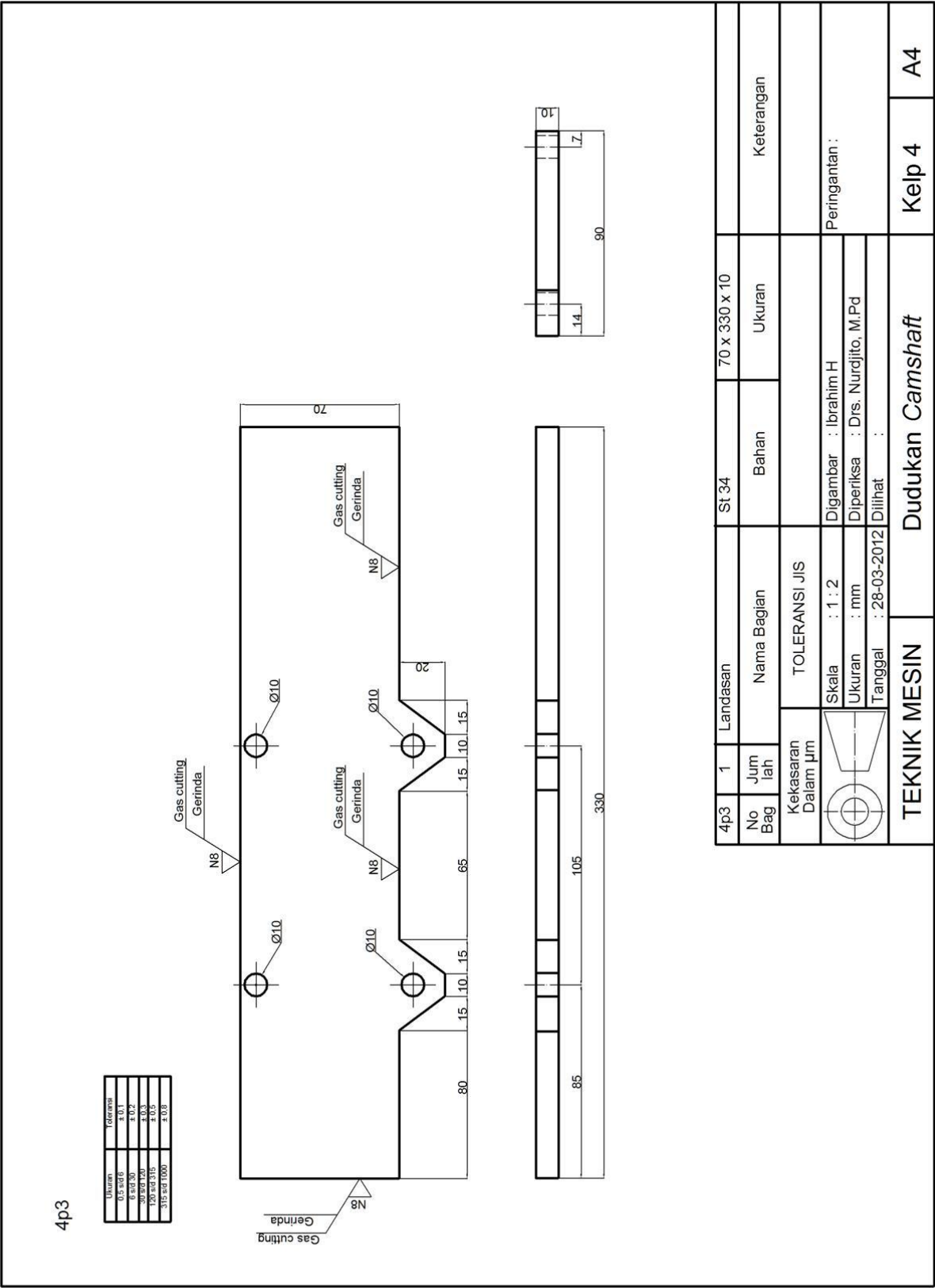
4p2

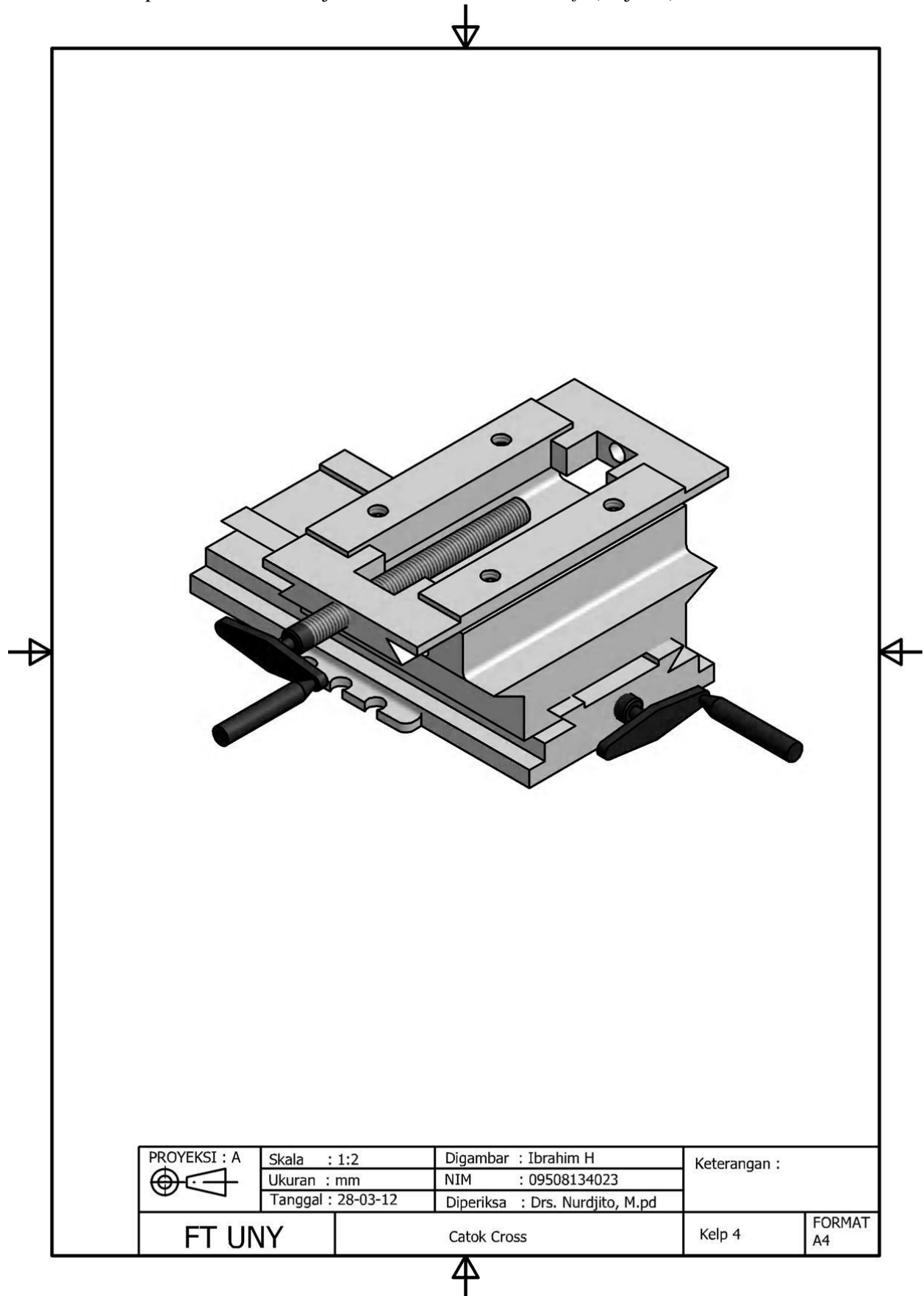
Ukuran	Toleransi
0,5 s/d 6	$\pm 0,1$
6 s/d 30	$\pm 0,2$
30 s/d 120	$\pm 0,3$
120 s/d 315	$\pm 0,5$
315 s/d 1000	$\pm 0,8$

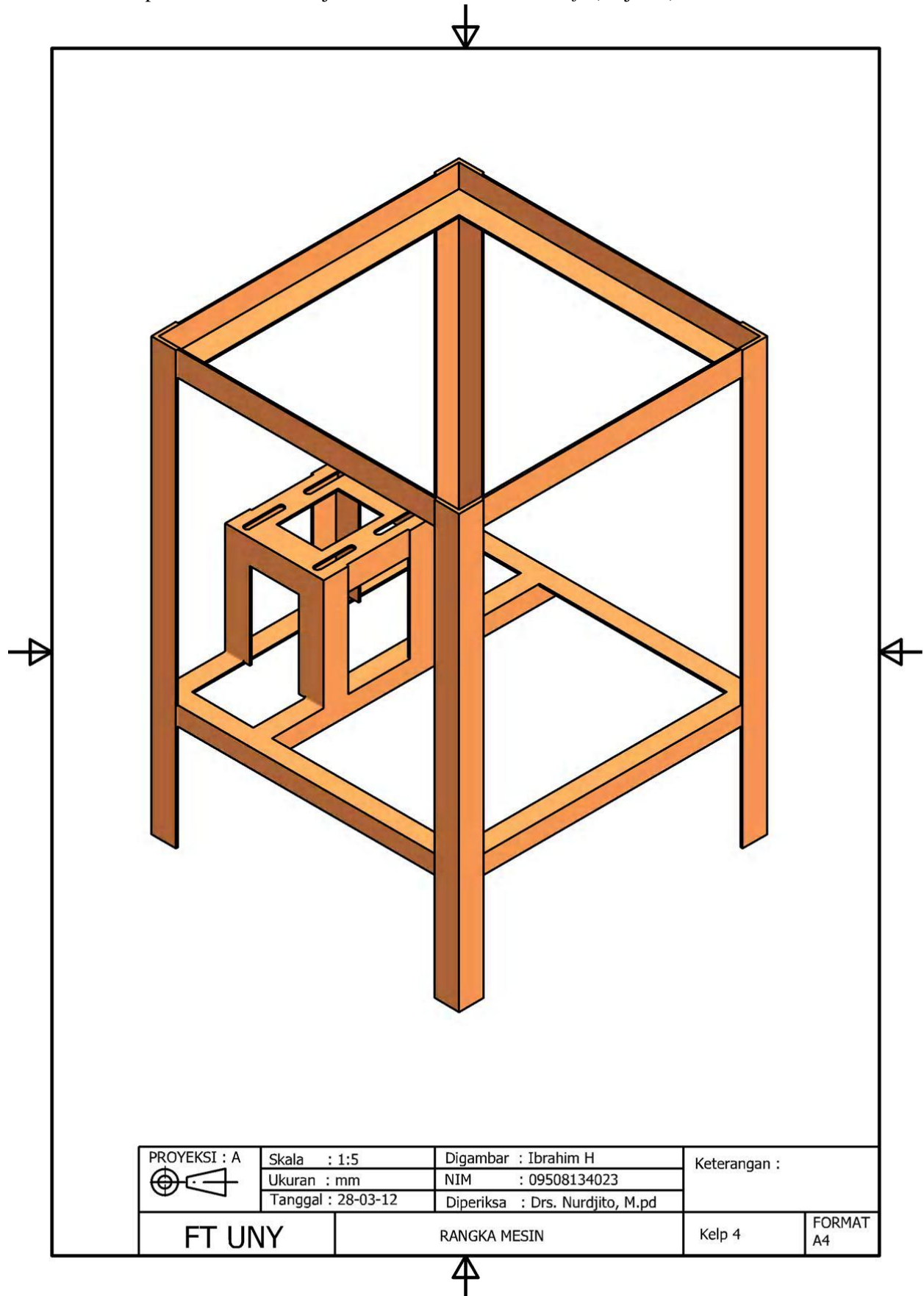


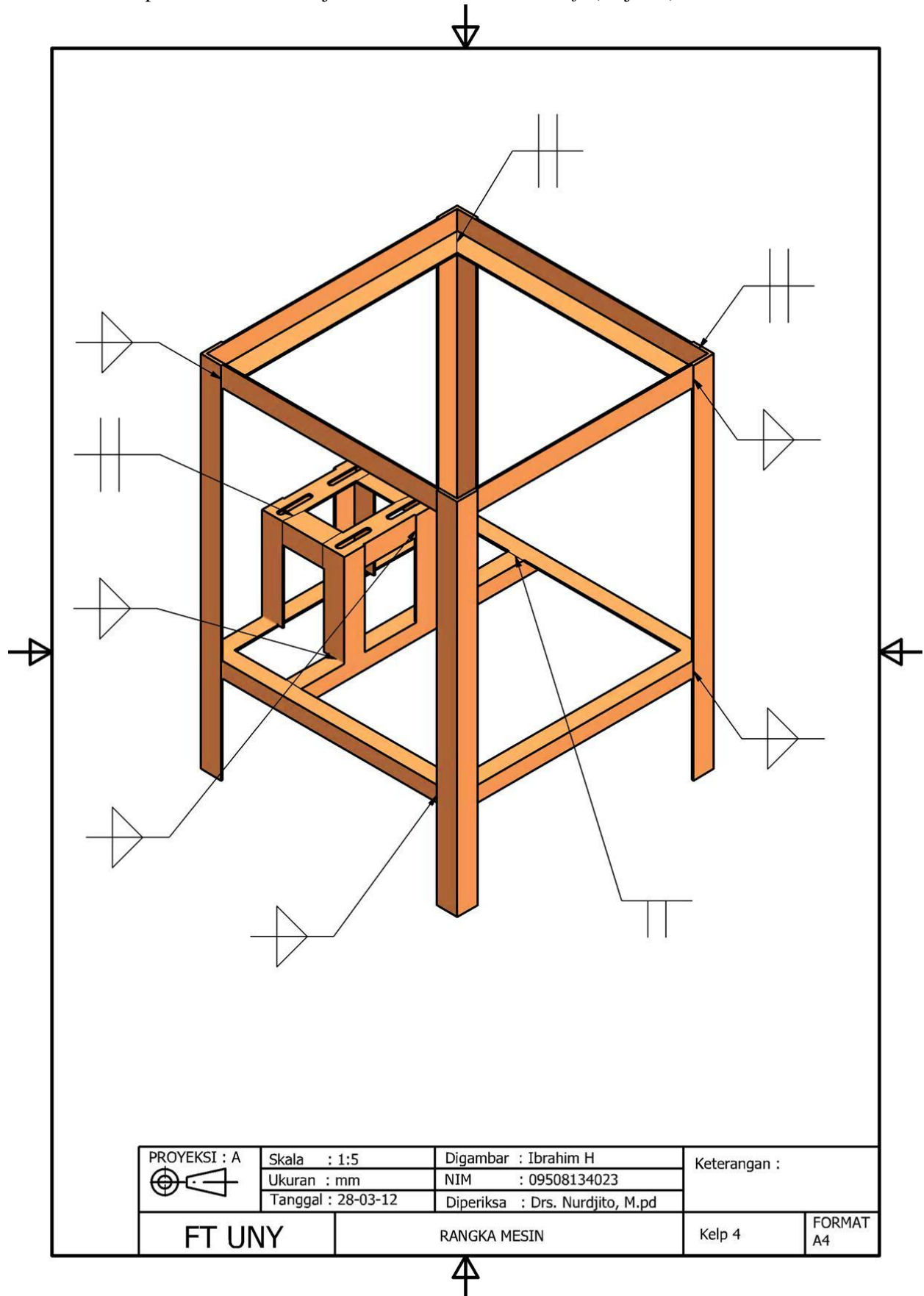
4p2	3	Penyangga	St 34	70 x 10 x 98	
No Bag	Jumlah	Nama Bagian	Bahan	Ukuran	Keterangan
Kekasaran Dalam μm	TOLERANSI JIS				
	Skala	: 1 : 2	Digambar	: Ibrahim H	Peringatan :
	Ukuran	: mm	Diperiksa	: Drs. Nurdjito, M.Pd	
	Tanggal	: 28-03-2012	Dilihat	:	
TEKNIK MESIN		Dudukan <i>Camshaft</i>		Kelp 4	A4

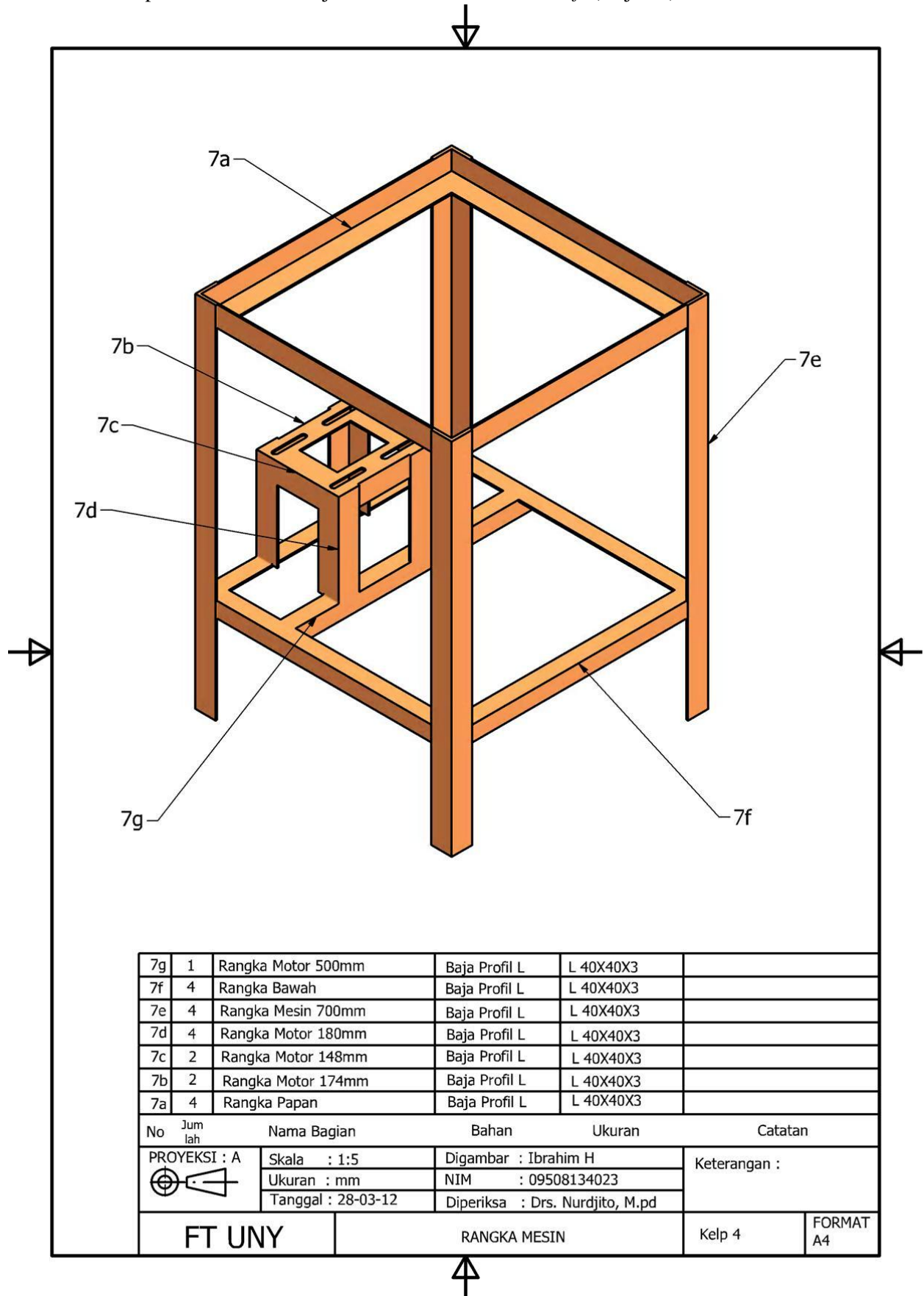
Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)



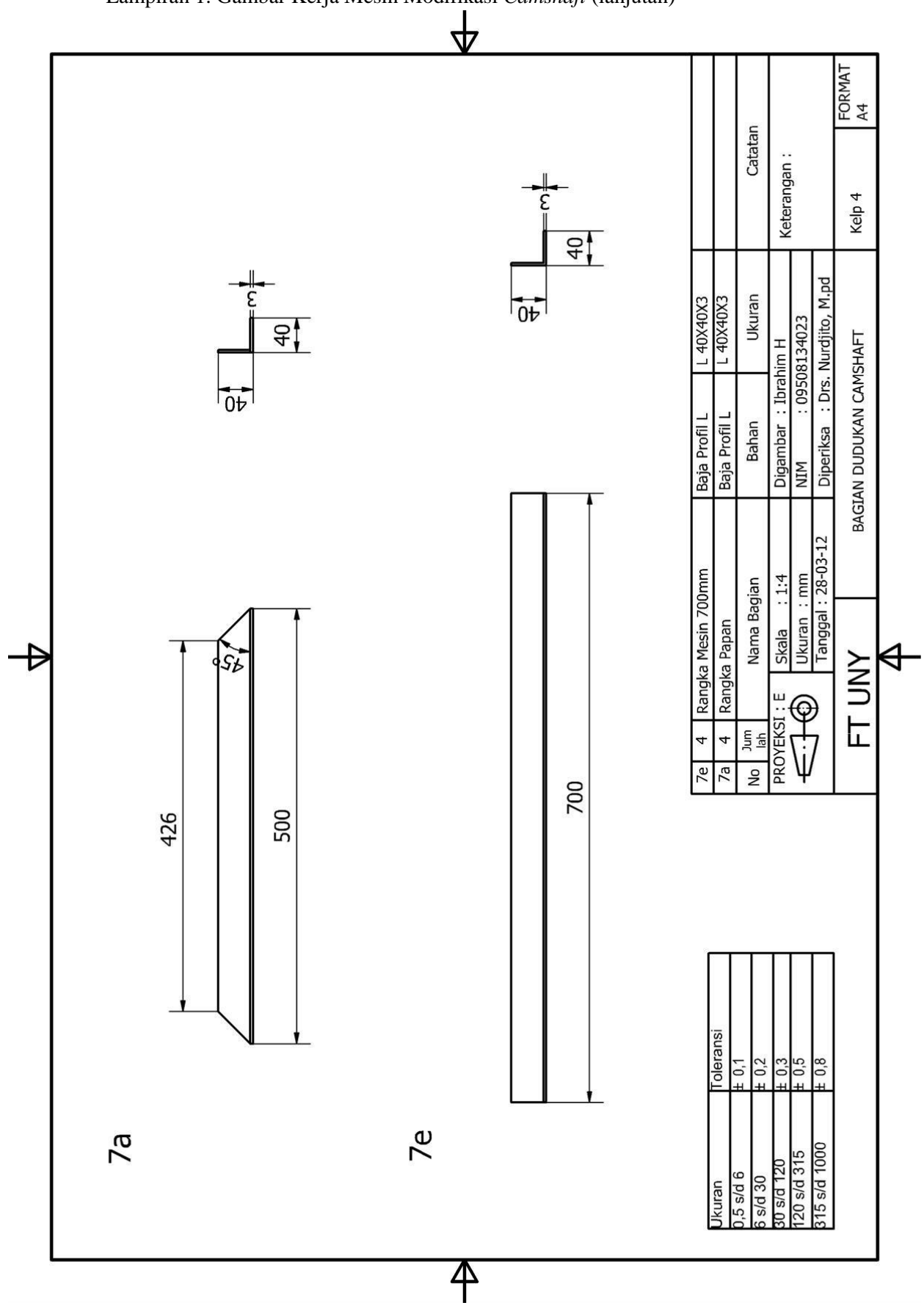
Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

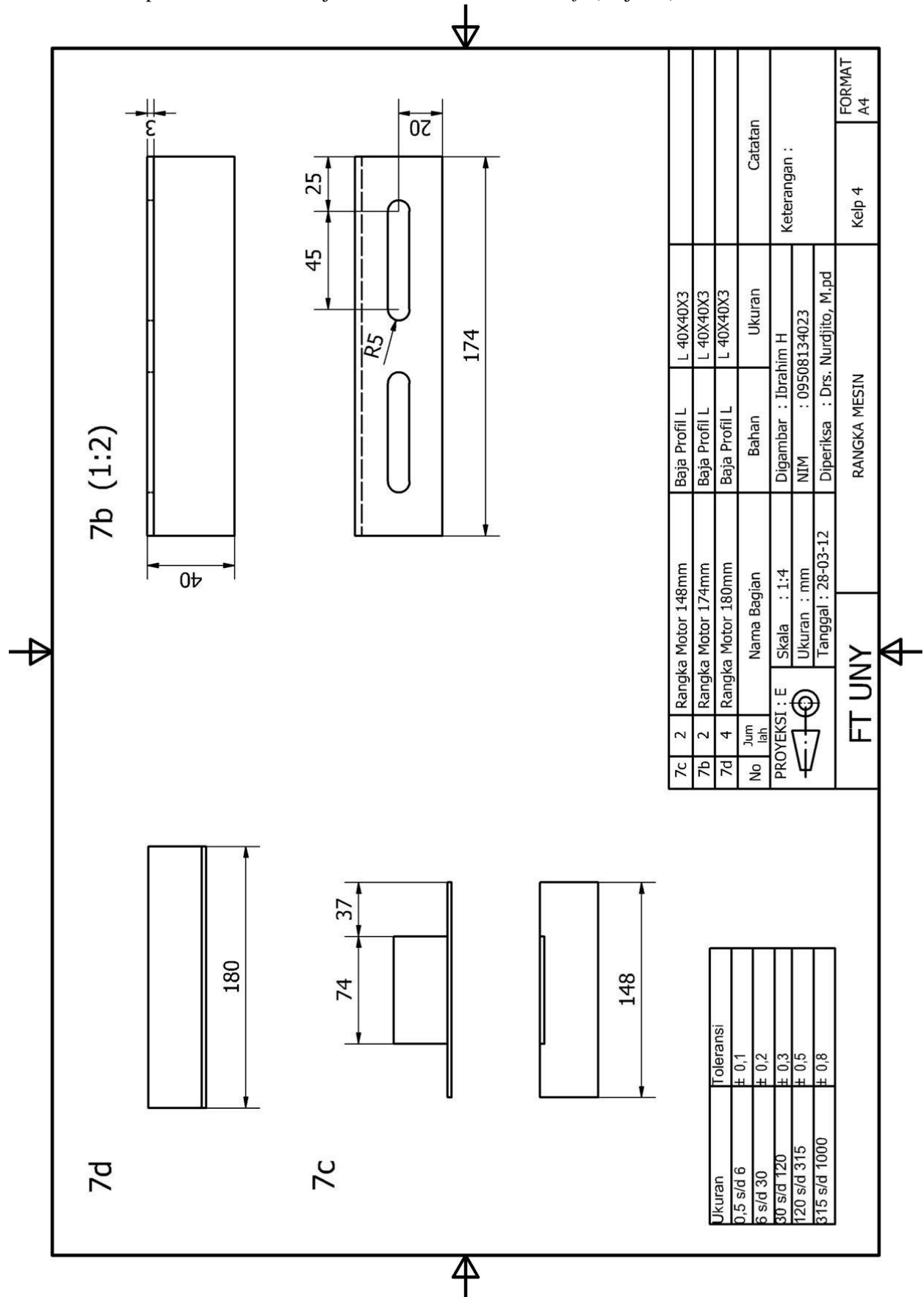
Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)



Lampiran 1. Gambar Kerja Mesin Modifikasi *Camshaft* (lanjutan)

Lampiran 2. Tabel Baja Konstruksi Umum Menurut DIN 17100

Simbol dengan grup kualitas	No. bahan	Jenis baja Menurut EURONORM 25	Kadar C (%) \leq	Kekuatan			
				σ_B sampai 100 mm \varnothing (N/mm ²)	σ_s min (N/mm ²)	δ 5 min (%)	HB
St 33-1	1.0033	Fe 33-0	-	340...390	190	18	-
St 33-2	1.0035	-	-	340...390	190	18	-
St 34-1	1.000 1.0150	Fe 34-A	0,17	330...410	200	28	95...120
St 34-2	1.0102 1.0108	Fe 34-B3FU Fe 34-B3FN	0,15				
St 37-1	1.0110 1.0111	Fe 37-A	0,20	360...440	240	25	105...125
St 37-2	1.0112	Fe 37-B3FU Fe 37-B3FN	0,18				
St 37-3	1.0116	Fe 37-C3	0,17				
St 42-1	1.0136 1.0131	Fe 42-A	0,25	410...490	250	22	120...140
St 42-2	1.0132 1.0134	Fe 42-B3FU Fe 42-B3FN	0,25				
St 42-3	1.0136	Fe 42-C3	0,23				
St 50-1	1.0530	Fe 50-1	0,25	490...590	290	20	140...170
St 50-2	1.0532	Fe 50-2	0,30				
St 52-3	1.0841	Fe 52-C3	0,2	510...610	350	22	-
St 60-1	1.0540	Fe 60-1	0,35	590..710	330	15	170...195
St 60-2	1.0572	Fe 60-2	0,40				
St 70-3	1.0632	Fe 70-2	0,50	690...830	360	10	195...240

(G. Niemann H. Winter, 1992: 96.)

Lampiran 3. Modulus Elastisitas Bahan dan Angka Possion

Bahan	Modulus elastisitas E		Modulus elastisitas geser G		Angka Poisson ν
	ksi	Gpa	ksi	Gpa	
Aluminium (murni)	10.000	70	3.800	26	0,33
Aluminium campuran	10.000-11.400	70-79	3.800-4.300	26-30	0,33
2014-T6	10.600	73	4.000	28	0,33
6061-T6	10.000	70	3.800	26	0,33
7075-T6	10.400	72	3.900	27	0,33
Kuningan	14.000-16.000	96-110	5.200-6.000	36-41	0,34
Kuningan merah (80% Cu, 20% Zn)	15.000	100	5.600	39	0,34
Kuningan naval	15.000	100	5.600	39	0,34
Batu bata (tekan)	1.500-3.500	10-24			
Perunggu	14.000-17.000	96-120	5.200-6.300	36-44	0,34
Perunggu mangan	15.000	100	5.600	39	0,34
Besi tuang	12.000-25.000	83-170	4.600-10.000	32-69	0,2-0,3
Besi tuang abu-abu	14.000	97	5.600	39	0,25
Beton (tekan)					0,1-0,2
Kekuatan rendah	2.000	18			
Kekuatan sedang	3.600	25			
Kekuatan tinggi	4.400	30			
Tembaga (murni)	16.000-18.000	110-120	5.800-6.800	40-47	0,33-0,36
Tembaga berilium (keras)	18.000	120	6.800	47	0,33
Kaca	7.000-12.000	48-83	2.800-5.000	19-34	0,2-0,27
Magnesium (murni)	6.000	41	2.200	15	0,35
Campuran	6.500	45	2.400	17	0,35
Monel (67% Ni, 30% Cu)	25.000	170	9.500	66	0,32
Nikel	30.000	210	11.400	80	0,31
Nilon	300-400	2,1-2,8			0,4
Karet	0,1-0,6	0,0007-0,004	0,03-0,2	0,0002-0,001	0,45-0,50
Baja	28.000-30.000	190-210	10.800-11.800	75-80	0,27-0,30
Batu (tekan)					
Granit	6.000-10.000	40-70			0,2-0,3
Batu kapur	3.000-10.000	20-70			0,2-0,3
Marmer	7.000-14.000	50-100			0,2-0,3
Titanium (murni)	15.500	110	5.800	40	0,33
Campuran	15.000-17.000	100-120	5.600-6.400	39-44	0,33
Tungsten	50.000-55.000	340-380	21.000-23.000	140-160	0,2
Kayu (lentur)					
Ash	1.500-1.600	10-11			
Douglas fir	1.600-1.900	11-13			
Ek (Oak)	1.600-1.800	11-12			
Cemara (Southern pine)	1.600-2.000	11-14			
Besi tempa	28.000	190	10.800	75	0,3

(James M. Gere, dan Stephen P. Timoshenko, 1996:514)

Lampiran 4. Hardness Conversion Table

Hardness Conversion Table				
Tensile Strength (N/mm ²)	Brinell Hardness (BHN)	Vickers Hardness (HV)	Rockwell Hardness (HRB)	Rockwell Hardness (HRC)
285	86	90		
320	95	100	56.2	
350	105	110	62.3	
385	114	120	66.7	
415	124	130	71.2	
450	133	140	75.0	
480	143	150	78.7	
510	152	160	81.7	
545	162	170	85.0	
575	171	180	87.1	
610	181	190	89.5	
640	190	200	91.5	
675	199	210	93.5	
705	209	220	95.0	
740	219	230	96.7	
770	228	240	98.1	
800	238	250	99.5	
820	242	255		23.1
850	252	265		24.8
880	261	275		26.4
900	266	280		27.1
930	276	290		28.5
950	280	295		29.2
995	295	310		31.0
1030	304	320		32.2

(http://engineershandbook.com/Table/hardness.htm)

Lampiran 5. Faktor Koreksi

Mesin yang digerakkan		Penggerak					
		Momen punter puncak 200%			Momen punter puncak > 200%		
		Motor arus bolak-balik(momen normal, sangkar bajing, sinkron), motor arus searah(lilitan shunt)			Motor arus bolak-balik (momen tinggi, fasa tunggal, lilitan seri), motor arus searah (lilitan kompon, lilitan seri), mesin torak, kopling tak tetap		
		Jumlah jam kerja tiap hari			Jumlah jam kerja tiap hari		
		3-5 jam	8-10 jam	16-24 jam	3-5 jam	8-10 jam	16-24 jam
	Pengaduk zat cair, kipas angina, blower(sampai 7,5 kW) pompa sentrifugal, konveyor tugas ringan	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4
	Konveyor sabuk(pasir, batu bara), pengaduk, kipas angina(lebih dari 7,5 kW), mesin torak, peluncur, mesin perkakas, mesin percetakan	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
	Konveyor (ember, sekrup), pompa torak, kompresor, gilingan palu, pengocok, roots-blower, mesin tekstil, mesin kayu	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
	Penghancur, gilingan bola atau batang, pengangkat, mesin pabrik karet (rol, kalender)	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0

(Sularso, dan Suga, 2004:165)

Lampiran 6. Faktor-faktor Koreksi Daya yang Akan Ditransmisikan

Daya yang akan ditransmisikan	fc
Daya rata-rata yang diperlukan	1,2-2,0
Daya maksimum yang diperlukan	0,8-1,2
Daya normal	1,0-1,5

(Sumber : Sularso, 1991:7)

Lampiran 7. Batas Defleksi

Defleksi Akibat Pelengkungan/Tekuk	
Bagian Mesin Umum	0,0005 – 0,003 in/in panjang
Presisi Sedang	0,00001 – 0,0005 in/in
Presisi Tinggi	0,000001 – 0,00001 in/in
Defleksi Akibat Torsi	
Bagian Mesin Umum	0,001° - 0,01°/in panjang
Presisi Sedang	0,00002° - 0,0004°/in panjang
Presisi Tinggi	0,000001° - 0,00002°/in panjang

(Robert L. Mott, 2009 : 113)

Lampiran 8. Diameter Minimum Puli yang diizinkan dan dianjurkan

Penampang	A	B	C	D	E
Diameter min. yang diizinkan	65	115	175	300	450
Diameter min. yang dianjurkan	95	145	225	350	550

(Sularso, dan Suga, 2004:169)

Lampiran 9. Panjang Sabuk-V Standar

Nomor nominal		Nomor nominal		Nomor nominal		Nomor Nominal	
(inchi)	(mm)	(inchi)	(mm)	(inchi)	(mm)	(inchi)	(mm)
10	254	45	1143	80	2032	115	2921
11	279	46	1168	81	2057	116	2946
12	305	47	1194	82	2083	117	2972
13	330	48	1219	83	2108	118	2997
14	356	49	1245	84	2134	119	3023
15	381	50	1270	85	2159	120	3048
16	406	51	1295	86	2184	121	3073
17	432	52	1321	87	2210	122	3099
18	457	53	1346	88	2235	123	3124
19	483	54	1372	89	2261	124	3150
20	508	55	1397	90	2286	125	3175
21	533	56	1422	91	2311	126	3200
22	559	57	1448	92	2337	127	3226
23	584	58	1473	93	2362	128	3251
24	610	59	1499	94	2388	129	3277
25	635	60	1524	95	2413	130	3302
26	660	61	1549	96	2438	131	3327
27	686	62	1575	97	2464	132	3353
28	711	63	1600	98	2489	133	3378
29	737	64	1626	99	2515	134	3404
30	762	65	1651	100	2540	135	3429
31	787	66	1676	101	2565	136	3454
32	813	67	1702	102	2591	137	3480
33	838	68	1727	103	2616	138	3505
34	864	69	1753	104	2642	139	3531
35	889	70	1778	105	2667	140	3556
36	914	71	1803	106	2692	141	3581
37	940	72	1829	107	2718	142	3607
38	965	73	1854	108	2743	143	3632
39	991	74	1880	109	2769	144	3658
40	1016	75	1905	110	2794	145	3683
41	1041	76	1930	111	2819	146	3708
42	1067	77	1956	112	2845	147	3734
43	1092	78	1981	113	2870	148	3759
44	1118	79	2007	114	2896	149	3785

(Sularso, dan Suga, 2004:168)

Lampiran 10. Faktor Koreksi K_θ

$\frac{D_p - d_p}{C}$	Sudut Kontak puli kecil $\theta(^{\circ})$	Faktor Koreksi K_θ
0,00	180	1,00
0,10	174	0,99
0,20	169	0,97
0,30	163	0,96
0,40	157	0,94
0,50	151	0,93
0,60	145	0,91
0,70	139	0,89
0,80	133	0,87
0,90	127	0,85
1,00	120	0,82
1,10	113	0,80
1,20	106	0,77
1,30	99	0,73
1,40	91	0,70
1,50	83	0,65

(Sumber : Sularso, 1991:174.)

Lampiran 11. Daerah Penyetelan Jarak Sumbu Poros

Nomor Nominal Sabuk	Panjang Keliling Sabuk	Ke sebelah dalam dari letak standart ΔC_t					Ke sebelah luar dari letak standart ΔC_t (umum untuk semua tipe)
		A	B	C	D	E	
11-38	280-970	20	25				25
36-60	970-1500	20	25	40			40
60-90	1500-2200	20	35	40			50
90-120	2200-3000	25	35	40			65
120-158	3000-4000	25	35	40	50		75

(Sumber : Sularso, 1991:174)

Lampiran 12. Tabel Cara Menyatakan Konfigurasi Permukaan Dalam Gambar

1. Lambang tanpa tulisan			
	Lambang	Pengertian	
1.1		Lambang dasar. Hanya dapat dipergunakan bila mana dijelaskan dengan catatan.	
1.2		Permukaan yang di mesin tanpa keterangan atau detil lain.	
1.3		Permukaan yang permukaannya tidak diperkenankan dibuang bahannya. Lambang ini dapat dipergunakan pada gambar mengenai proses produksi, yang menjelaskan bahwa sebuah permukaan harus tetap dalam keadaan akibat hasil proses pembuatan sebelumnya, meskipun keadaan ini diperoleh dari hasil pembuangan bahan maupun cara lain.	

2. Lambang-lambang dengan penunjukan persyaratan utama dari kekasaran R_a					
	Lambang				Pengertian
2.1					Sebuah permukaan dengan nilai kekasaran permukaan maksimum R_a dari 3,2 μm .
2.2					Sebuah permukaan dengan nilai kekasaran permukaan maksimum R_a dari 6,3 μm dan minimum dari 1,6 μm .

3. Lambang-lambang dengan penunjukan tambahan
(Dapat dipergunakan sendiri, dlm. gabungan atau digabung dgn. lambang dr. 2 di atas)

	Lambang	Pengertian
3.1		Cara produksi: difres.
3.2		Panjang contoh: 2,5 mm.
3.3		Arah bekas pengerjaan: tegak lurus pada bidang proyeksi dari pandangan.
3.4		Kelonggaran pemesinan: 2 mm.
3.5		Penunjukan (dalam kurung) dari persyaratan kekasaran yang lain dari pada yang dipakai untuk R_a , umpamanya $R_a = 0,4 \mu\text{m}$

4. Lambang-lambang yang disederhanakan

	Lambang	Pengertian
4.1		Sebuah catatan yang menyatakan pengertian lambang
4.2		Sebuah catatan yang menyatakan pengertian lambang-lambang

(G. Takeshi Sato, 2000:192)

Lampiran 13. Nilai Kekerasan dan Tingkat Kekasaran Menurut ISO

Kekasaran R_a (μm)	Tingkat kekasaran	Panjang sampel (mm)
50 25	N12 N11	8
12,5 6,3	N10 N 9	2,5
3,2 1,6 0,8 0,4	N 8 N 7 N 6 N 5	0,8
0,2 0,1 0,05	N 4 N 3 N 2	0,25
0,025	N 1	0,08

(Juhana, dan Suratman, 2000:242)

Lampiran 14. Toleransi Umum untuk Ukuran Linier

Toleransi umum untuk ukuran linear

Ukuran nominal mm		0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000	1000-2000
Penyimpangan yang diizinkan	Halus	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$
	Sedang	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$
	Kasar		$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	± 2	± 3

(Juhana, dan Suratman, 2000:189)

Lampiran 15. Suaian untuk Tujuan-Tujuan Umum

Sistem Lubang Dasar

Lubang dasar	Lambang dan kualitas untuk poros																
	Suaian longgar						Suaian pas					Suaian paksa					
	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	x
H 5						4	4	4	4	4							
H 6						5	5	5	5	5							
					6	6	6	6	6	6	6	6					
H 7				(6)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
				7	7	(7)	7	7	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)
H 8					7		7										
				8	8		8										
				9													
H 9				8			8										
		9	9	9			9										
H 10	9	9	9														

Sistem Poros Dasar

Poros dasar	Lambang dan kualitas untuk lubang																
	Suaian longgar						Suaian pas				Suaian paksa						
	B	C	D	E	F	G	H	Js	K	M	N	P	R	S	T	U	X
h 4							5	5	5	5							
h 5							6	6	6	6	6	6					
h 6					6	6	6	6	6	6	6	6					
				(7)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
h 7				7	7	(7)	7	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)			
					8		8										
h 8			8	8	8		8										
			9	9			9										
h 9			8	8			8										
		9	9	9			9										
	10	10	10														

(Takeshi Sato, 2000:130)

Lampiran 16. Jenis-jenis Suaian yang Dapat Dipilih

Jenis suaian dan variasinya		Suaian yang disarankan	Ciri-ciri perakitan	Penggunaan
Suaian sesak (interference fit)	Press fit kuat	H7/u6 H7/t6	Hanya dapat dirakit dengan tekanan atau perbedaan temperatur gaya ikatan kuat	Hubungan roda gigi dan roda gila flens pada poros
	Press fit menengah	H7/s6 P7/h6* H7/r6 H7/p6	Hanya bisa dirakit dengan tekanan atau perbedaan temperatur, gaya ikatan kuat	Hubungan kopling, bus bantalan pada rumah roda atau batangnya, lapisan perunggu, pada hubungan-hubungan besi tuang
Suaian pas (transition fit)	Force fit	H7/m6 H7/h6*	Dirakit dengan tekanan	Rotor pada poros motor, ring gigi pada roda
	Wringing fit	K7/h6* H7/k6	Dirakit dengan palu tangan	Puli, kopling, roda gigi, roda gila, pemasangan roda kemudi dengan tuas
	Close sliding fit	H7/j6 H7/js6	Dirakit dengan tangan	Puli, roda gigi, roda kemudi, dan bus bantalan untuk dipasang dengan mudah
Suaian longgaran (clearance fit)	Sliding fit	H7/j6 H8/h9	Masih bisa digerakkan tangan selama ada pelumasan	Sarung senter kepala lepas, roda gigi pengganti, kerah pengencang
		H9/h9* H11/h9 H11/h11		Bagian-bagian yang mudah dirakit, bus antara, poros h11 dibuat dengan proses tarik dingin
	Close running fit	G7/h6* H7/g6	Dapat bergerak tanpa memperhatikan kelonggaran	Bantalan, peluncur presisi
	Running fit	H7/f7 H8/h6* H8/f7 F8/h9*	Perlu diperhatikan kelonggaran	Bantalan dengan kelonggaran yang perlu diperhatikan bantalan poros engkol dan batang engkol, bus bantalan pada poros
	Light running fit	H8/e8 E9/h9*	Kelonggaran agak besar	Pemakaian bantalan pada poros yang panjang, bantalan yang dipakai pada mesin-mesin pertanian
	Large running fit	H8/d9 D10/h9* H11/d9 D10/d11*	Kelonggaran besar	Penggunaan poros dalam mesin peralatan dan mesin torak dengan pemakaian bantalan jamak. Torak hidrolik yang bergerak dalam silinder, penggunaan bantalan luncur untuk temperatur tinggi
	Fit with big clearance and tolerance	C11/h9* C11/h11* H11/c11 A11/h11* H11/a11	Kelonggaran sangat besar	Pena pengunci, pegas, dan penyangga rem, untuk bantalan yang mempunyai temperatur tinggi maupun berbahaya karena kotoran dan tidak cukup pelumasan

Tanda * untuk suaian dengan basis poros

(Juhana, dan Suratman, 2000:194)

Lampiran 17. Tabel Nilai Penyimpangan Lubang Untuk Tujuan Umum

Tingkat diameter (mm)		B		C		D			E			F			G		H					
>	to	B 10	C 9	C 10	D 8	D 9	D 10	E 7	E 8	E 9	F 6	F 7	F 8	G 6	G 7	H 5	H 6	H 7	H 8	H 9	H 10	
—	3	+180 +140	+85 +60	+100	+34	+45 +20	+60	+24	+28 +14	+39	+12	+16 +6	+20	+8	+12 +10	+4	+6	+10 0	+14	+25	+40	
3	6	+188 +140	+100 +70	+118	+48	+60 +30	+78	+32	+38 +20	+50	+18	+22 +10	+28	+12	+16 +4	+5	+8	+12 0	+18	+30	+48	
6	10	+203 +150	+116 +80	+138	+62	+76 +40	+98	+40	+47 +25	+61	+22	+28 +13	+35	+14	+20 +5	+6	+9	+15 0	+22	+36	+58	
10	14	+220 +150	+138 +95	+165	+77	+93 +50	+120	+50	+59 +32	+75	+27	+34 +16	+43	+17	+24 +6	+8	+11	+18 0	+27	+43	+70	
14	18																					
18	24	+244 +160	+162 +110	+194	+98	+117 +65	+149	+61	+73 +40	+92	+33	+41 +20	+53	+20	+28 +7	+9	+13	+21 0	+33	+52	+84	
24	30																					
30	40	+270 +170	+182 +120	+220	+119	+142 +80	+180	+75	+89 +50	+112	+41	+50 +25	+64	+25 +9	+34	+11	+16	+25 0	+39	+62	+100	
40	50	+280 +180	+192 +130	+230																		
50	65	+310 +190	+214 +140	+260	+146	+174 +100	+220	+90	+106 +60	+134	+49	+60 +30	+76	+29 +10	+40	+13	+19	+30 0	+46	+74	+120	
65	80	+320 +200	+224 +150	+270																		
80	100	+360 +220	+257 +170	+310	+174	+207 +120	+260	+107	+126 +72	+159	+58	+71 +36	+90	+34 +12	+47	+15	+22	+35 0	+54	+87	+140	
100	120	+380 +240	+267 +180	+320																		
120	140	+420 +260	+300 +200	+360																		
140	160	+440 +280	+310 +210	+370	+208	+245 +145	+305	+125	+148 +85	+185	+68	+83 +43	+106	+39 +14	+54	+18	+25	+40 0	+63	+100	+160	
160	180	+470 +310	+330 +230	+390																		
180	200	+525 +340	+355 +240	+425																		
200	225	+565 +380	+375 +260	+445	+242	+285 +170	+355	+146	+172 +100	+215	+79	+96 +50	+122	+44 +15	+61	+20	+29	+46 0	+72	+115	+185	
225	250	+605 +420	+395 +280	+465																		
250	280	+690 +480	+430 +300	+510	+271	+320 +190	+400	+162	+191 +110	+240	+88	+108 +56	+137	+49 +17	+69	+23	+32	+52 0	+81	+130	+210	
280	315	+750 +540	+460 +330	+540																		
315	355	+830 +600	+500 +360	+590	299	+350 +210	+440	+182	+214 +125	+265	+98	+119 +62	+151	+54 +18	+75	+25	+36	+57 0	+89	+140	+230	
355	400	+910 +680	+540 +400	+630																		
400	450	+1010 +760	+595 +440	+690	+327	+385 +230	+480	+198	+232 +135	+290	+108	+131 +68	+165	+60 +20	+83	+27	+40	+63 0	+97	+155	+250	
450	500	+1090 +840	+635 +480	+730																		

(G. Takeshi Sato, 2000:132)

Lampiran 17. Tabel Nilai Penyimpangan Lubang Untuk Tujuan Umum (Lanjutan)

Tingkat diameter (mm)		Js			K			M			N		P		R	S	T	U	X
>	to	Js 5	Js 6	Js 7	K 5	K 6	K 7	M 5	M 6	M 7	N 6	N 7	P 6	P 7	R 7	S 7	T 7	U 7	X 7
—	3	±2	±3	±5	0 -4	0 -6	0 -10	-2 -6	-2 -8	-2 -12	-4 -10	-4 -14	-6 -12	-6 -16	-10 -20	-14 -24	—	-18 -28	-20 -30
3	6	±2,5	±4	±6	0 -5	+2 -6	+3 -9	-3 -8	-1 -9	0 -12	-5 -13	-4 -16	-9 -17	-8 -20	-11 -23	-15 -27	—	-19 -31	-24 -36
6	10	±3	±4,5	±7,5	+1 -5	+2 -7	+5 -10	-4 -10	-3 -12	0 -15	-7 -16	-4 -19	-12 -21	-9 -24	-13 -28	-17 -32	—	-22 -37	-28 -43
10	14	±4	±5,5	±9	+2	+2	+6	-4	-4	0	-9	-5	-15	-11	-16	-21	—	-26	-33
14	18				-6	-9	-12	-12	-15	-18	-20	-23	-26	-29	-34	-39	—	-44	-51
18	24	±4,5	±6,5	±10,5	+1	+2	+6	-5	-4	0	-11	-7	-18	-14	-20	-27	—	-33	-46
24	30				-8	-11	-15	-14	-17	-21	-24	-28	-31	-35	-41	-48	-33	-40	-56
30	40	±5,5	±8	±12,5	+2	+3	+7	-5	-4	0	-12	-8	-21	-17	-25	-34	-39	-51	-76
40	50				-9	-13	-18	-16	-20	-25	-28	-33	-37	-42	-50	-59	-45	-61	-86
50	65	±6,5	±9,5	±15	+3	+4	+9	-6	-5	0	-14	-9	-26	-21	-30	-42	-55	-76	-106
65	80				-10	-15	-21	-19	-24	-30	-33	-39	-45	-51	-62	-78	-64	-91	-121
80	100	±7,5	±11	±17,5	+2	+4	+10	-8	-6	0	-16	-10	-30	-24	-38	-58	-78	-111	-146
100	120				-13	-18	-25	-23	-28	-35	-38	-45	-52	-59	-73	-93	-91	-131	-166
120	140	±9	±12,5	±20	+3 -15	+4 -21	+12 -28	-9 -27	-8 -33	0 -40	-20 -45	-12 -52	-36 -61	-28 -68	-48	-77	-107	—	—
140	160														-88	-117	-147	—	—
160	180														-50	-85	-119	—	—
180	200	±10	±14,5	±23	+2 -18	+5 -24	+13 -33	-11 -31	-8 -37	0 -46	-22 -51	-14 -60	-41 -70	-33 -79	-53	-93	-131	—	—
200	225														-60	-105	-144	—	—
225	250														-67	-123	-169	—	—
250	280	±11,5	±16	±26	+3	+5	+16	-13	-9	0	-25	-14	-47	-36	-74	—	—	—	—
280	315				-20	-27	-36	-36	-41	-52	-57	-66	-79	-88	-126	—	—	—	—
315	355	±12,5	±18	±28,5	+3	+7	+17	-14	-10	0	-26	-16	-51	-41	-87	—	—	—	—
355	400				-22	-29	-40	-39	-46	-57	-62	-73	-87	-98	-144	—	—	—	—
400	450	±13,5	±20	±31,5	+2	+8	+18	-16	-10	0	-27	-17	-55	-45	-103	—	—	—	—
450	500				-25	-32	-45	-43	-50	-63	-67	-80	-95	-108	-166	—	—	—	—

(G. Takeshi Sato, 2000:133)

Lampiran 18. Tabel Nilai Penyimpangan Poros Untuk Tujuan Umum

Tingkat diameter (mm)		b	c	d		e			f			g			h					
>	to	b 9	c 9	d 8	d 9	e 7	e 8	e 9*	f 6	f 7	f 8	g 4	g 5	g 6	h 4	h 5	h 6	h 7	h 8	h 9
—	3	-140 -165	-60 -85	-20 -34	-45	-24	-14 -28	-39	-12	-6 -16	-20	-5	-2 -6	-8	-3	-4	0 -6	-10	-14	-25
3	6	-140 -170	-70 -100	-30 -48	-60	-32	-20 -38	-50	-18	-10 -22	-28	-8	-4 -9	-12	-4	-5	0 -8	-12	-18	-30
6	10	-150 -186	-80 -116	-40 -62	-76	-40	-25 -47	-61	-22	-13 -28	-35	-9	-5 -11	-14	-4	-6	0 -9	-15	-22	-36
10	14	-150	-95	-50		-32			-16			-6					0			
14	18	-193	-138	-77	-93	-50	-59	-75	-27	-34	-43	-11	-14	-17	-5	-8	-11	-18	-27	-43
18	24	-160	-110	-65		-40			-20			-7					0			
24	30	-212	-162	-98	-117	-61	-73	-92	-33	-41	-53	-13	-16	-20	-6	-9	-13	-21	-33	-52
30	40	-170 -232	-120 -182	-80		-50			-25			-9					0			
40	50	-180 -242	-130 -192	-119	-142	-75	-89	-112	-41	-50	-64	-16	-20	-25	-7	-11	-16	-25	-39	-62
50	65	-190 -261	-140 -214	-100		-60			-30			-10					0			
65	80	-200 -274	-150 -224	-146	-174	-90	-106	-134	-49	-60	-76	-18	-23	-29	-8	-13	-19	-30	-46	-74
80	100	-220 -307	-170 -257	-120		-72			-36			-12					0			
100	120	-240 -327	-180 -267	-174	-207	-107	-126	-159	-58	-71	-90	-22	-27	-34	-10	-15	-22	-35	-54	-87
120	140	-260 -360	-200 -300																	
140	160	-280 -380	-210 -310	-145 -208	-245	-125	-85 -148	-185	-68	-43 -83	-106	-26	-14 -32	-39	-12	-18	0 -25	-40	-63	-100
160	180	-310 -410	-230 -330																	
180	200	-340 -455	-240 -355																	
200	225	-380 -495	-260 -375	-170 -242	-285	-146	-100 -172	-215	-79	-50 -96	-122	-29	-15 -35	-44	-14	-20	0 -29	-46	-72	-115
225	250	-420 -535	-280 -395																	
250	280	-480 -610	-300 -430	-190		-110			-56			-17					0			
280	315	-540 -670	-330 -460	-271	-320	-162	-191	-240	-88	-108	-137	-33	-40	-49	-16	-23	-32	-52	-81	-130
315	355	-600 -740	-360 -500	-210		-125			-62			-18					0			
355	400	-680 -820	-400 -540	-299	-350	-182	-214	-265	-98	-119	-151	-36	-43	-54	-18	-25	-36	-57	-89	-140
400	450	-760 -915	-440 -595	-230		-135			-68			-20					0			
450	500	-840 -995	-480 -635	-327	-385	-198	-232	-290	-108	-131	-165	-40	-47	-60	-20	-27	-40	-63	-97	-155

(G. Takeshi Sato, 2000:134)

Lampiran 18. Tabel Nilai Penyimpangan Poros Untuk Tujuan Umum (Lanjutan)

Tingkat diameter (mm)		js				k			m			n	p	r	s	t	u	x		
>	to	js 4	js 5	js 6	js 7	k 4	k 5	k 6	m 4	m 5	m 6	n 6	p 6	r 6	s 6	t 6	u 6	x 6		
—	3	±1,5	±2	±3	±5	+3	+4 0	+6	+5	+6 +2	+8	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	—	+24 +18	+26 +20		
3	6	±2	±2,5	±4	±6	+5	+6 +1	+9	+8	+9 +4	+12	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	—	+31 +23	+36 +28		
6	10	±2	±3	±4,5	±7,5	+5	+7 +1	+10	+10	+12 +6	+15	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	—	+37 +28	+43 +34		
10	14	±2,5 ±4 ±5,5 ±9				+6 +9 +12 +1			+12 +15 +18 +7			+23 +29 +12 +18		+34 +39 +23 +28		— +33		+51 +40		
14	18																	+56 +45		
18	24	±3 ±4,5 ±6,5 ±10,5				+8 +11 +15 +2			+14 +17 +21 +8			+28 +35 +15 +22		+41 +48 +28 +35		— +54 +41		+67 +54		
24	30																	+77 +64		
30	40	±3,5 ±5,5 ±8 ±12,5				+9 +13 +18 +2			+16 +20 +25 +9			+33 +42 +17 +26		+50 +59 +34 +43		+64 +76 +48 +60		—		
40	50																	+86 +70		
50	65	±4 ±6,5 ±9,5 ±15				+10 +15 +21 +2			+19 +24 +30 +11			+39 +51 +20 +32		+60 +72 +41 +53		+85 +106 +66 +87		—		
65	80																	+121 +102		
80	100	±5 ±7,5 ±11 ±17,5				+13 +18 +25 +3			+23 +28 +35 +13			+45 +59 +23 +37		+73 +93 +51 +71		+113 +146 +91 +124		—		
100	120																	+166 +144		
120	140	±6 ±9 ±12,5 ±20				+15 +21 +3			+27 +33 +15			+52 +68 +27 +43		+88 +117 +3 +92		+147 +122		—		
140	160													+90 +125 +65 +100		+159 +134				
160	180													+93 +133 +68 +108		+171 +146				
180	200	±7 ±10 ±14,5 ±23				+18 +24 +4			+31 +37 +17			+60 +79 +31 +50		+106 +151 +77 +122		—		—		
200	225													+109 +159 +80 +130						
225	250													+113 +169 +84 +140						
250	280	±8, ±11,5 ±16 ±26				+20 +27 +4			+36 +43 +20			+66 +88 +34 +56		+126 +94		—		—		
280	315													+130 +98						
315	355	±9 ±12,5 ±18 ±28,5				+22 +29 +4			+39 +46 +21			+73 +98 +37 +62		+144 +108		—		—		
355	400													+150 +114						
400	450	±10 ±13,5 ±20 ±31,5				+25 +32 +5			+43 +50 +23			+80 +108 +40 +68		+166 +126		—		—		
450	500													+172 +132						


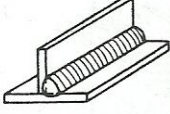
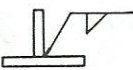
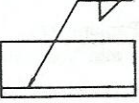
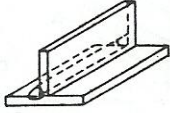

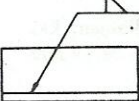
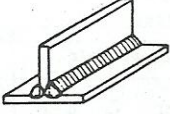
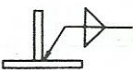
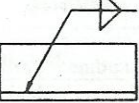
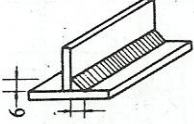
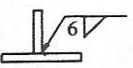
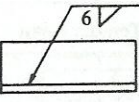
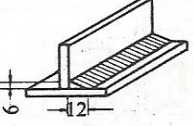
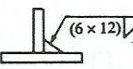
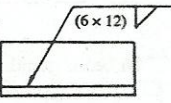
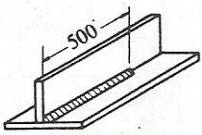
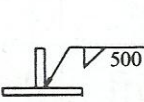
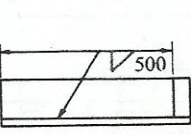
(G. Takeshi Sato, 2000:135)

Lampiran 19. Tanda-tanda Gambar Dalam Pengelasan

Perencanaan Konstruksi Las		
Jenis lasan	Tanda gambar	Keterangan
Las tumpul alur V		Tanda gambar bersudut 90°
Tempat lasan	Lasan	Tanda gambar
Sisi panah		
Di balik panah		
Tebal : 19 mm Dalam alur 16 mm Sudut alur 60° Celah akar 2 mm		
Dengan pelat penahan. Tebal : 12 mm Sudut alur 45° Celah akar 1,8 mm Penyelesaian : mesin		
Contoh : 5		
Jenis lasan	Tanda gambar	Keterangan
Las tumpul alur V ganda		Tanda membuat sudut 90°
Tempat lasan	Lasan	Tanda gambar
Kedua sisi		
Dalamnya alur Sisi panah : 16 mm Di balik panah 9 mm Sisi panah : 60° Di balik panah 90° Celah akar : 3 mm		

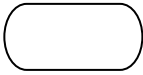
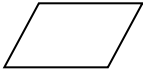

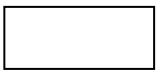



(Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura 1996 : 168)

Lampiran 19. Tanda-tanda Gambar Dalam Pengelasan (Lanjutan)

Tanda-Tanda Gambar Dalam Pengelasan			
Jenis lasan	Tanda gambar		Keterangan
Las sudut berlanjut			Segitiga siku-siku
Sisi panah			
Di balik panah			
Kedua sisi			
Panjang kaki 6 mm			
Panjang kaki tidak sama 6 dan 12 mm			
Panjang lasan 500 mm			

(Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura 1996 : 168)

Lampiran 20. Lambang-lambang dari Diagram Alir

Lambang	Nama	Keterangan
	Terminal	Untuk menyatakan mulai (start), berakhir (end) atau berhenti (stop)
	Input	Data dan persyaratan yang diberikan disusun disini
	Pekerjaan Orang	Di sini diperlukan pertimbangan-petimbangan seperti pemilihan persyaratan kerja, persyaratan pengerjaan, bahan dan perlakuan panas, penggunaan faktor keamanan dan faktor-faktor lain, harga-harga empiris, dll.
	Pengolahan	Pengolahan dilakukan secara mekanis dengan menggunakan persamaan, tabel dan gambar
	Keputusan	Harga yang dihitung dibandingkan dengan harga Patoka, dll. Untuk mengambil keputusan
	Dokumen	Hasil perhitungan yang utama dikeluarkan pada alat ini
	Penghubung	Untuk menyatakan pengeluaran dari tempat keputusan ke tempat sebelumnya atau berikutnya, atau suatu pemasukan ke dalam aliran yang berlanjut.
	Garis Aliran	Untuk menghubungkan langkah-langkah yang berurutan

(Sumber : Sularso, 1991: i)

A1/kelompok 9



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

FRM/MES/23-00
02 Agustus 2007

LANGKAH KERJA PROSES PEMBUATAN KOMPONEN ALAT

Nama Komponen Yang Dibuat : Dangka
Hari/Tanggal Pembuatan : Sabtu, 15 Oktober 2011
Tempat Membuat : Bangkal FT UNY
Nama Pembuat : Norahim, H.

Langkah Kerja ke	Ilustrasi Gambar Pengerjaan	Alat/Mesin/Instrumen yang digunakan	Deskripsi Pengerjaan	Hitungan Proses yang Digunakan	Tindakan Keselamatan	Prediksi Kebutuhan Waktu	Realisasi Kebutuhan Waktu	Catatan
1.		MOTOR	Membeli plat besi 4x4x4		memakai helm	1 jam	1 1/2 jam	Macet di jalan
2.		Bergaji tangan, Mesin	Membongkar plat 4 x 4 x 400		Membawa sarung	30 Menit	35 Menit	Bergalan lancar
3.		Bergaji tangan, Mesin	Membongkar plat 4 x 4 x 700		Membawa sarung	30 Menit	30 Menit	Kali jalan lancar
4.		Mesin las	Mengawasi pengelasan rangka		Membawa sarung	60 Menit	80 Menit	Belum jadi
5.								

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir

Handwritten signature in red ink

A. Lembar 4



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

FR/MES/23-00
02 Agustus 2007

LANGKAH KERJA PROSES PEMBUATAN KOMPONEN ALAT

Nama Komponen Yang Dibuat : Rangka
 Hari/Tanggal Pembuatan : Sabtu, 23 Oktober 2011
 Tempat Membuat : Bangkel Teknik Mesin FT UNY
 Nama Pembuat : Korahim H.

Langkah Kerja ke	Ilustrasi Gambar Pengerjaan	Alat/Mesin/Instrumen yang digunakan	Deskripsi pengerjaan	Hitungan Proses yang Digunakan	Tindakan Keselamatan	Prediksi Kebutuhan Waktu	Realisasi Kebutuhan Waktu	Catatan
1. Penetapan Plat L		Gergaji, Penggaris, Saket, Meja kerja, Benol	-	-	-	60 Menit	60 Menit	- Memotong 1 buah plat L
2. Pengelasan Pengerjaan		Mesin las SMAW, Paku, Topang las, Pengapit	-	-	Mengamplas topang las, sarung tangan	80 Menit	100 Menit	- Pengelasan 2 mesin las SMAW agar lebih kuat
3. Pengelasan		Mesin las SMAW, paku, topang las, pengapit	-	-	Mengamplas topang las, sarung tangan	80 Menit	100 Menit	- Lanjut
4. Inspeksi	-	-	-	-	-	-	-	-

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir

Handwritten signature/initials in red ink.

A1 kelompok 4



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

FRMMES/23-00
02 Agustus 2007

LANGKAH KERJA PROSES PEMBUATAN KOMPONEN ALAT

Nama Komponen Yang Dibuat : Pangka
 Hari/Tanggal Pembuatan : Sabtu, 12 Agustus 2011
 Tempat Membuat : Ruang Teknik Mesin, FT UIN
 Nama Pembuat : Ilham H

Langkah Kerja ke	Ilustrasi Gambar Pengerjaan	Alat/Mesin/Instrumen yang digunakan	Deskripsi Pengerjaan	Hitungan Proses yang Digunakan	Tindakan Keselamatan	-Prediksi Kebutuhan Waktu	Realisasi Kebutuhan Waktu	Catatan
1 Mengelas		LAS SMAW	Membantu pengelasan bagian bawah	-	Memasukkan sarung tangan dan topeng las	60 Menit	60 Menit	
2 Mengelas		Benda Tergas	Mendinding las-tuas	-	Memasukkan kacamata	60 Menit	80 Menit	
3 Mengelas		LAS SMAW	Membantu pengelasan bagian atas	-	Memasukkan sarung tangan	70 Menit	60 Menit	
4 Finishing								

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir

Handwritten signature in red ink.

A₁ / kelompok 4





UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

FRM/MES/23-00
02 Agustus 2007

LANGKAH KERJA PROSES PEMBUATAN KOMPONEN ALAT

Nama Komponen Yang Dibuat : Pangka
 Hari/Tanggal Pembuatan : 12 November 2011 / 10.30
 Tempat Membuat : Bengkel FT UNY (Bangkel Pabrik Kasi)
 Nama Pembuat : Abraham H.

Langkah Kerja ke	Ilustrasi Gambar Pengerjaan	Alat/Mesin/Instrumen yang digunakan	Deskripsi Pengerjaan	Hitungan Proses yang Digunakan	Tindakan Keselamatan	-Prediksi Kebutuhan Waktu	Realisasi Kebutuhan Waktu	Catatan
1. <u>Identifikasi bahan kerja</u>		<u>mesin</u>	-	-	<u>menaikkan helm</u>	<u>1 jam</u>	<u>1 jam</u>	
2. <u>Membuatkan pola kerja</u>		<u>Gergaji tangan, Meteran</u>	<u>Membuatkan pola kerja</u>	-	<u>Menggunakan sarung tangan</u>	<u>20 menit</u>	<u>25 menit</u>	
3. <u>Pengukuran</u>		-	<u>latihan</u>	-	-	-	-	

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir

Handwritten signature in red ink.

Ar / kelompok 4



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

FRNIMES/23-00
02 Agustus 2007

LANGKAH KERJA PROSES PEMBUATAN KOMPONEN ALAT

Nama Komponen Yang Dibuat : *Pengait dan Kaitan*
Hari/Tanggal Pembuatan : *Senin / 19 Desember 2011*
Tempat Membuat : *Bendekel, Fakri Kodj, FT UNY*
Nama Pembuat : *Ibrahim H.*

Langkah Kerja ke	Ilustrasi Gambar Pengerjaan	Alat/Mesin/Instrumen yang digunakan	Deskripsi Pengerjaan	Hitungan Proses yang Digunakan	Tindakan Keselamatan	Prediksi Kebutuhan Waktu	Realisasi Kebutuhan Waktu	Catatan
1. Menotong Plat 1		Bergaji Tangan	Menotong Plat L (50cm)	-	Melakukan safety check	30 Menit	30 Menit	
2. Menyet Vang Benda		Gergaji Tangan	Menotong Vang Benda Kaitan	-	Melakukan safety check	60 Menit	70 Menit	
3. Menyet Vang Benda		Las SMAW	Menambatkan pengelasan Benda Kaitan	-	Melakukan safety check	60 Menit	70 Menit	
4. Isitahat	-	-	-	-	-	-	-	

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir

JP



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

A₁ / 4

FRM/MES/23-130
02 Agustus 2017

LANGKAH KERJA PROSES PEMBUATAN KOMPONEN ALAT

Nama Komponen Yang Dibuat : Pengayak
 Hari/Tanggal Pembuatan : Sabtu / 3-12-2011
 Tempat Membuat : Bengkel Fabrikasi Teknik Mesin UMY
 Nama Pembuat : Ibrahim H.

Langkah Kerja ke	Ilustrasi Gambar Pengerjaan	Alat/Mesin/Instrumen yang digunakan	Deskripsi Pengerjaan	Hitungan Proses yang Digunakan	Tindakan Keselamatan	Prediksi Kebutuhan Waktu	Realisasi Kebutuhan Waktu	Catatan
(1) Mengelas		Mesin Las SMAW	Membantu proses pengelasan rangka	-	Memasukkan sarung tangan	120 menit	150 menit	
(2) Menggerinda		Mesin Gerinda Tangan	Menggerinda las-lasan	-	Memasukkan kaca mata, sarung tangan	120 menit	150 menit	
(3) Ditahap	-	-	-	-	-	-	-	

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir

(Handwritten signature in red ink)

A1 / kelompok 4



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

FR/MES/23-00
02 Agustus 2007

LANGKAH KERJA PROSES PEMBUATAN KOMPONEN ALAT

Nama Komponen Yang Dibuat : Meja
 Hari/Tanggal Pembuatan : Sabtu, 10 Desember 2011
 Tempat Membuat : Bengkel Teknikasi F.TUMY
 Nama Pembuat : Ibrahim H

Langkah Kerja ke	Ilustrasi Gambar Pengerjaan	Alat/Mesin/Instrumen yang digunakan	Deskripsi Pengerjaan	Hitungan Proses yang Digunakan	Tindakan Keselamatan	Prediksi Kebutuhan Waktu	Realisasi Kebutuhan Waktu	Catatan
(1) Meratakan Meja		Ampul, Mistar baja	Meratakan meja kayu yg dibelah pas	-	Memakai sarung tangan	90 menit	50 menit	
(2) Menatahkan Meja		Mistar baja, pengkil	Memasang meja kayu pada rangka	-	Memakai sarung tangan	60 menit	60 menit	
(3) observasi Bahan		Motor	Observasi plat ukuran 400x100 dikawat	-	Memakai helm	120 menit	140 menit	
(4) Isiratakan			Isiratakan					

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir

Handwritten signature in red ink.



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

A2 / 4

FRM/MES/23-00
02 Agustus 2007

LANGKAH KERJA PROSES PEMBUATAN KOMPONEN ALAT

Nama Komponen Yang Dibuat : Pudukan Noken As
 Hari/Tanggal Pembuatan : Sabtu 12-12-2011
 Tempat Membuat : Bengkel Fabrikasi
 Nama Pembuat : Ikrohim Hosen

Langkah Kerja ke	Ilustrasi Gambar Pengerjaan	Alat/Mesin/Instrumen yang digunakan	Deskripsi Pengerjaan	Hitungan Proses yang Digunakan	Tindakan Keselamatan	Prediksi Kebutuhan Waktu	Realisasi Kebutuhan Waktu	Catatan
1. Distensi	-	-	Mendekusikan benan-tangan dan menggunakan mesin pengukur	-	-	60 mnt	60 mnt	
2. pemotongan & pemasangan bahan	-	motor	memotong bahan sesuai dengan yang sudah dicatat.	-	-	120 mnt	120 mnt	

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir

(Red signature)



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

A₁/1

FRM/MES/23-00
02 Agustus 2017

LANGKAH KERJA PROSES PEMBUATAN KOMPONEN ALAT

Nama Komponen Yang Dibuat : Poros
Hari/Tanggal Pembuatan : Sabtu 21-12-2019
Tempat Membuat : Bangkai Paksi
Nama Pembuat : Botak M. H.

Langkah Kerja ke	Ilustrasi Gambar Pengerjaan	Alat/Mesin/Instrumen yang digunakan	Deskripsi Pengerjaan	Hitungan Proses yang Digunakan	Tindakan Keselamatan	Prediksi Kebutuhan Waktu	Realisasi Kebutuhan Waktu	Catatan
1. Mengambil Bahan		Motor	Membeli bahan Poros di toko besi		memakai busur, cangkul, perlakuan safety	30 Menit	100 Menit	
2. Memotong Poros		Gergaji, Mesin Meteran	Memotong Poros dgn panjang 30mm		Memakai sarung tangan, kacamata	60 Menit	60 Menit	
3. Membuat Poros		Mesin bubut, Kikir	Membuat Pacing		Memakai kacamata	30 Menit	80 Menit	
4. Finishing								

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir

Handwritten signature in red ink

A1 / kelompok A

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK



FRMMES/23-00
02 Agustus 2007

LANGKAH KERJA PROSES PEMBUATAN KOMPONEN ALAT

Nama Komponen Yang Dibuat : Dudukan ~~alat~~ Mekanik
 Hari/Tanggal Pembuatan : Senin, 19 Desember 2014
 Tempat Membuat : Fabrikasi besi (bangkai)
 Nama Pembuat : Abrahim H

Langkah Kerja ke	Ilustrasi Gambar Pengerjaan	Alat/Mesin/Instrumen yang digunakan	Deskripsi Pengerjaan	Hitungan Proses yang Digunakan	Tindakan Keselamatan	Prediksi Kebutuhan Waktu	Realisasi Kebutuhan Waktu	Catatan
1. Menggali Tahanan		Bengkok, Tahanan meja	Menggergasi dengan tangkai		persiapan n gitar n tangan dan pilih besi	90 Menit	180 Menit	
2. Menggosok Plat Besi		Weight gauge, penggosok	membuat cetat kader plat besi		gunakan ketahu dekat akhir tangan dan pilih besi	30 Menit	30 Menit	
3. Menggosok plat Besi		Grinding tahanan	mengetuk kapit plat besi		memakai sarung tangan keamanan	30 Menit	60 Menit	
4. Bekerja								

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir

Handwritten signature in red ink.



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

A1 / kelompok 4

FRM/MES/23-05
02 Agustus 2017

LANGKAH KERJA PROSES PEMBUATAN KOMPONEN ALAT

Nama Komponen Yang Dibuat : *Poros Panjang Poros*
 Hari/Tanggal Pembuatan : *Selasa, 27 Desember 2017*
 Tempat Membuat : *Bengkel Mesin UNY*
 Nama Pembuat : *Abrahim H.*

Langkah Kerja ke	Ilustrasi Gambar Pengerjaan	Alat/Mesin/Instrumen yang digunakan	Deskripsi Pengerjaan	Hitungan Proses yang Digunakan	Tindakan Keselamatan	Prediksi Kebutuhan Waktu	Realisasi Kebutuhan Waktu	Catatan
1). <i>Memotong</i>		<i>Mesin bor meja, Tangam, Kunci pas.</i>	<i>Mengukur dan memotong panjang 20 cm</i>		<i>Menggunakan kunci mata</i>	<i>60 menit</i>	<i>80 menit</i>	
2). <i>Sortir bahan</i>		<i>Mesin</i>	<i>Sortir bahan mesin bor meja di dalam mesin</i>		<i>Menggunakan helm, safety riding</i>	<i>80 menit</i>	<i>100 menit</i>	
3). <i>Isirahat</i>								

Keterangan: Realisasi dari Gambar ini didasarkan pada Laporan Proyek Akhir

Handwritten signature






UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

A1 / Kalampoko 4

FRM/ME/23-010
02 Agustus 2017

TANGKAPAN KAJA PROSES PEMBUATAN KOMPONEN ALAT

Nama Komponen Yang Dibuat : Patos Chuck drill
 Hari/Tanggal Pembuatan : Rabu / 28 Desember 2011
 Tempat Membuat : Bengkel Rm 151101101, F7 UNY
 Nama Pembuat : Ibrahim H.

Langkah Kerja ke	Ilustrasi Gambar Pengerjaan	Alat/Mesin Instrumen yang digunakan	Deskripsi Pengerjaan	Hitungan Proses yang Digunakan	Tindakan Keselamatan	Prediksi Kebutuhan Waktu	Realisasi Kebutuhan Waktu	Catatan
1. Menyeting benda kerja		Mesin Bubut Metro, kunci chuck, kunci L	Mengsetting benda kerja pada chuck mesin bubut		Menggunakan alat keselamatan	30 menit	30 menit	
2. Membuat facing		Mesin bubut Metro, jangka sorong, kunci chuck, kunci L	Membuat facing kedua permukaan benda kerja		memakai alat keselamatan	60 Menit	80 Menit	
3. Membuat Ø 30		Mesin bubut Metro, jangka sorong, kunci chuck, kunci L	Membuat diameter Ø 30	$n = \frac{F_c \cdot 1000}{K \cdot d}$	memakai alat keselamatan	80 Menit	100 Menit	
4. finishing						-	-	

Keterangan : Realisasi dari Gambar ini ditampikan pada Laporan Proyek Akhir

[Handwritten signature]



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

A1 / Desember 1

FRM/MES/23-00
02 Agustus 2007

LANGKAH KERJA PROSES PEMBUATAN KOMPONEN ALAT

Nama Komponen Yang Dibuat : *Langka C. Penempatan bagian ke mesin*
 Hari/Tanggal Pembuatan : *Kamis / 29 Desember 2011*
 Tempat Membuat : *Bengkel mesin FT UNY*
 Nama Pembuat : *Brahim H.*

Langkah Kerja ke	Ilustrasi Gambar Pengerjaan	Alat/Mesin/Instrumen yang digunakan	Deskripsi Pengerjaan	Hitungan Proses yang Digunakan	Tindakan Keselamatan	Prediksi Kebutuhan Waktu	Realisasi Kebutuhan Waktu	Catatan
1). Menggambar <i>gambar teknik</i>		penggaris, penggaris, pensil	Menggambar pola yang akan dibuat di plat		Mempakai sarung tangan	20 menit	30 menit	
2). Menggambar <i>gambar teknik</i>		mesin bor, mata bor 1, 8, 8	Mengbor bidang tengah dan 8		Memasukkan benda kerja ke mesin	60 menit	80 menit	
3). Menggambar <i>gambar teknik</i>		mesin gerinda bandan	Menggerinda permukaan datar dan bersinar		Memasukkan benda kerja ke mesin	80 menit	80 menit	
4). <i>Finishing</i>								
5). <i>Finishing</i>								

Keterangan : Realisasi dari Borang ini dilampirkan pada Laporan Proyek Akhir

JP

Presensi Kuliah Karya Teknologi Mahasiswa Angkatan 2009

Materi	Kategori	Nama	Jenis	Nomor Mahasiswa	Kontribusi	Judul Proyek Akhir	Dosen Pembimbing	Dosen Kuliah	Penilaian Minggu ke dan Tgl																														Jumlah RBT	Jumlah RBT																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
A1	1	Nova Christawati	63	09 508131027	Finalis	Penyelesaian Bangkai Pada Momen Pandemi Caka	Drs. Silvestri Nurhikmah, MT		1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

FRM/MES/28-00
02 Agustus 2007

Lampiran : Kartu Bimbingan Proyek Akhir

Judul Proyek Akhir : Perancangan Mesin Modifikasi Camshaft (Moken As)

Nama Mahasiswa : Ibrahim Hasan

No Mahasiswa : 0808139023

Dosen Pembimbing : Drs. Nurdjito, M.Pd

Bimb. Ke	Hari/Tanggal Bimbingan	Materi Bimbingan	Catatan Dosen Pembimbing	Tanda Tangan Dosen Pembimbing
1	30-3-2012	BAB I	Jelaskan kembali tentang seluk beluk mesin	
2	13-4-2012	BAB II dan III	Jelaskan Bab IV Tabel. Tabel Perbandingan Jelaskan & tentukan dimensi filis dan tabel	
3				
4	7-5-2012	BAB III	Perbaiki lagi bentuk penulisan	
5	13-8-2012	BAB IV dan V	Perbaiki bab V	
6	6-9-2012	BAB VI dan lampiran	Daftar pustaka & cover perbaiki. Siap ujian	
7				
8				

Keterangan :

1. Mahasiswa wajib bimbingan minimal 6 kali
Bila lebih dari 6 kali, kartu ini boleh dicopy.
2. Kartu ini wajib dilampirkan pada laporan proyek akhir

Mengetahui

NIP.